Aus dem Kgl. Institut für gerichtliche Medizin der Universität Kiel
(Direktor: Prof. Dr. Ziemke).

STANF. UNIV. LIBRARY
DEC
4
1913

Experimentelle Beiträge
zur
Lehre vom Ertrinkungstod.

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
hohen medizinischen Fakultät
der
Königlichen Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
vorgelegt von

Otto Völpel,
Medizinalpraktikant, aus Frankfurt a. M.

Berlin 1913.
Druck von L. Schumacher, N. 4.

Aus dem Kgl. Institut für gerichtliche Medizin der Universität Kiel
(Direktor: Prof. Dr. Ziemke).

Experimentelle Beiträge
zur
Lehre vom Ertrinkungstod.

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
hohen medizinischen Fakultät
der
Königlichen Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
vorgelegt von

Otto Völpel,
Medizinalpraktikant, aus Frankfurt a. M.

Berlin 1913.
Druck von L. Schumacher, N. 4.

Nr. 37.

Rektoratsjahr 1912/13.

Referent: Dr. Heller.

Zum Druck genehmigt:

Anschütz, z. Z. Dekan.

Sonderabdruck aus der Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen.
3. Folge. Bd. 45.

Der Tod durch Ertrinken ist eine derjenigen Todesarten, die den gerichtlichen Mediziner hauptsächlich beschäftigen. Nach der Statistique criminelle de France entfallen $^1/_4$ aller Unglücksfälle und aller Selbstmorde auf diese Todesart (Lacassagne). Nach den „Medizinalstatistischen Nachrichten“ des Preussischen Statistischen Landesamts 1911/12 stand der Tod durch Ertrinken unter den verschiedenen Arten der tödlichen Unglücksfälle in Preussen 1909 an 2. Stelle mit zusammen 2861 Todesfällen. Es entfielen von 1000 verunglückten Personen 197 (206 männliche, 163 weibliche) auf diese Todesart. Bei Selbstmorden stand der Tod durch Ertränken 1909 an 3. und 1910 an 2. Stelle. Es wählten diese Todesart 1910 zusammen 1375 Personen, und zwar 12,2 pCt. aller männlichen und 30,9 pCt. aller weiblichen Selbstmörder.

Die Vorgänge, die sich bei dem Ertrinkungsverlauf abspielen, sind nach der Darstellung in Schmidtmanns „Handbuch der gerichtlichen Medizin“ (Prof. Ziemke, Der Tod durch Erstickung), kurz zusammengefasst, folgende: „Wenn man von einem gewissermassen als Einleitung dienenden Vorstadium absieht, das durch die besondere Art des die Erstickung verursachenden Mediums, durch den Reiz hervorgerufen wird, welchen es auf die sensiblen Nerven der Körperoberfläche und auf die Schleimhaut der Atemwege ausübt, so kann man die vier der Erstickung im allgemeinen eigentümlichen Stadien auch in der Symptomatologie des Ertrinkungstodes wieder erkennen. Das Vorstadium, welches die eigentlichen Erstickungserscheinungen einleitet, beginnt in der Regel mit einer mehr oder weniger tiefen Inspiration, welche die Reaktion auf den thermischen Reiz darstellt,

den die Ertränkungsflüssigkeit durch Vermittelung der sensiblen Hautnerven auf das Atmungszentrum ausübt. . . . Auf diese das Vorstadium einleitende tiefe Inspiration folgt ein teils instinktives, teils reflektorisch durch Berührung der oberen Atmungswege mit der Flüssigkeit ausgelöstes Anhalten des Atems, welches das Eindringen der Ertränkungsflüssigkeit in die tieferen Atemwege zu verhindern sucht. Nach Brouardel und Loye beträgt diese Atempause etwa 1 Minute, während Beumer und Woltersdorf sie höchstens auf $^1/_2$ Minute schätzen. . . . Soviel ist sicher, dass die Dauer des Atemstillstandes je nach der Tiefe der voraufgegangenen Inspiration eine verschiedene sein muss. . . . Nach Ablauf dieses Vorstadiums setzt die Dyspnoe ein, der, wie auch sonst bei der Erstickung, die Konvulsionen, präterminale Atempause und terminale Atembewegungen folgen. Sie beginnt mit tiefen und heftigen Inspirationen und geht nach Brouardel und Loye etwa in 1 Minute unter krampfartigen Exspirationen in das zweite, konvulsive Stadium der Erstickung über. Dieses dyspnoische Stadium ist es, in welchem beim Ertrinken zuerst Ertränkungsflüssigkeit in die Atemwege eindringt, zunächst aber in kurzen, stossweisen Exspirationen infolge des Reizes, den die Flüssigkeit auf die Kehlkopfschleimhaut ausübt, wieder ausgeworfen wird. Geringe Mengen von Flüssigkeit können allerdings schon mit den das Vorstadium einleitenden Inspirationen aufgenommen werden, ihr grösster Teil wird aber nach den Beobachtungen von Wachholz und Horoszkiewicz unmittelbar wieder ausgeworfen, so dass in den Luftwegen höchstens etwa $^1/_7$ der gesamten aspirierten Flüssigkeitsquantität zurückbleibt. Die später im dyspnoischen Stadium aspirierte Flüssigkeitsmenge dringt erst allmählich mit den einzelnen Inspirationen in die Lunge ein und wird hier grösstenteils zurückgehalten. . . . Dagegen besteht darüber noch keine Uebereinstimmung, ob schon in diesem dyspnoischen Stadium die Hauptmenge der Ertränkungsflüssigkeit in die Luftwege eindringt oder erst im Stadium der terminalen Atembewegungen. . . . Dem Stadium der Dyspnoe folgt auch beim Ertrinken das konvulsive Stadium der Erstickung, in welchem sich die Atemnot zu einem mehrere Sekunden dauernden Exspirationskrampf und schliesslich zu allgemeinen Krämpfen klonischer Natur steigert. Durch die krampfartigen Exspirationen wird ein Teil der aspirierten Flüssigkeit mit der Luft der Atemwege gemischt und als feinblasiger Schaum wieder ausgeworfen, was sich im Wasser durch das Emporsteigen des Schaumes

besonders deutlich bemerkbar macht. Die allgemeinen Krämpfe sind von verschiedener Heftigkeit, treten aber fast immer auf, mitunter auch in Form von Streckkrämpfen. Das konvulsive Stadium dauert nach Brouardel und Loye beinahe 1 Minute, und geht in die mit dem Verlust des Bewusstseins und der Reflexempfindlichkeit und mit starker Erweiterung der Pupillen verbundene präterminale Atempause über, an welche sich unmittelbar die terminalen Atembewegungen anschliessen. Diese bestehen aus tiefen, in langen Intervallen sich wiederholenden Inspirationen, die mit schnappendem Aufreissen des Mundes verbunden und gewöhnlich ausgiebiger sind als die ihnen folgenden Exspirationen. Ihre Zahl und Tiefe ist wechselnd, mitunter bleiben sie ganz aus. Die in diesem Stadium aspirierte Flüssigkeitsmenge ist gering, nach Wachholz und Horoszkiewicz beträgt sie durchschnittlich nur $^1/_{15}$ der in den Luftwegen überhaupt zurückbehaltenen Flüssigkeitsmenge. . . . Der Tod tritt beim Ertrinken ziemlich schnell ein. Der ganze Vorgang dauert durchschnittlich nur 4, höchstens 5 Minuten. Auffällig ist aber, . . . dass narkotisierte Tiere viel langsamer sterben als wach ertränkte. Bei ihnen vergingen bis zum Tode 6—8 Minuten, wobei auch die Herztätigkeit bedeutend länger nach dem Aufhören der terminalen Atembewegungen andauerte als bei den wach ertränkten Tieren. Indessen kann die Dauer des Ertrinkungsaktes durch gewisse Umstände nicht unwesentlich beeinflusst werden. So vermag wiederholtes Auftauchen nach Brouardels Erfahrungen den Ertrinkungsvorgang um das Doppelte seiner gewöhnlichen Dauer zu verlängern, weil die Möglichkeit besteht, bei jedem Auftauchen von neuem Sauerstoff einzuatmen. Andererseits führt voraufgegangene Muskelarbeit, welche den Körper ermüdet und infolge der beim Ertrinken mangelnden Sauerstoffzufuhr einen erheblich gesteigerten Stoffverbrauch zur Folge hat, z. B. länger dauerndes Schwimmen, wie Margulies hervorhebt, zu einer Verkürzung der Ertrinkungsdauer. . . .

Dass es beim Ertrinkungstode auch zu einer Verdünnung des Blutes durch Aufnahme von Ertränkungsflüssigkeit kommen muss, ist schon aus theoretischen Erwägungen zu vermuten . . . und zwar wird die Verdünnung des Blutes im linken Herzen gegenüber dem Blute der rechten Herzkammer besonders ausgesprochen sein, weil sich das Blut, das beim Eindringen der Ertränkungsflüssigkeit in die Atemwege noch zirkuliert, in den Lungen immer wieder von neuem mit der Ertränkungsflüssigkeit mischt. . . . Die Feststellung einer Blut-

verdünnung im linken Herzen liefert nicht allein den Beweis für das Eindringen von Ertränkungsflüssigkeit in das Blut, sondern nach den bisher gemachten Erfahrungen auch dafür, dass sie zu Lebzeiten in das Blut eingedrungen ist.“

von Hofmann teilte die Vorgänge, die zum Ertrinkungstode führen, auf Grund eigener experimenteller Untersuchungen und solcher von Falk und Bert in 3 Stadien ein:

„1. das Stadium des angehaltenen Atems, in welchem die Atmung teils instinktiv, teils reflektorisch sistiert;

2. das Stadium der Dyspnoe mit anfänglich überwiegenden Inspirationen, später mit krampfhaften Exspirationen und teils klonischen, teils tetanischen Krämpfen;

3. das Stadium der Asphyxie mit völligem Atemstillstand, Bewusstlosigkeit, erloschenen Reflexen und mit den terminalen Atembewegungen, welche, verschieden an Zahl, aus tiefen, mit weitem Aufreissen des Mundes verbundenen Inspirationen bestehen.“

Andere Forscher, so vor allem Wachholz und Horoszkiewicz haben die von Brouardel und Loye gegebene Einteilung benutzt und unterscheiden demgemäss 5 Phasen, die sich mit den oben beschriebenen nicht ganz decken:

„1. die Phase der Ueberraschung, welche aus 1—2 Inspirationen mit nachfolgenden Exspirationen besteht;

2. die Phase des Atemstillstandes, in welcher der Ertrinkende nicht atmet, um nicht Wasser zu aspirieren;

3. die Phase der tiefen Atmung, in welcher mit offenen Augen tief geatmet und Wasser geschluckt wird;

4. die Phase der aufgehobenen Atmung mit Schwund der Sensibilität und Erweiterung der Pupillen;

5. die Phase der terminalen Atembewegungen.“

Wachholz fand für diese 5 Phasen, deren regelmässiges Vorhandensein er bestätigte, folgende Dauer:

1.	Phase	4—16	Sekunden,
2.	„	25—60	„
3.	„	60—150	„
4.	„	60—96	„
5.	„	29—50	„

Eine einfachere Einteilung in ein „Stadium der Abwehr“ und ein „Stadium der Wehrlosigkeit“ hat Margulies vorgeschlagen.

Die Frage, die im folgenden durch Experimente gelöst werden soll, ist nun die: „In welchem Stadium dringt die Hauptmenge der Ertränkungsflüssigkeit in die Luftwege des Versuchstieres ein?“

Wie Margulies mit Recht hervorhebt, ist hiervon in hohem Grade die Aussicht auf Wiederbelebung abhängig, und zwar ist die Prognose für die Erhaltung des Lebens um so günstiger, je später die Ertränkungsflüssigkeit eindringt. Dass überhaupt Ertränkungsflüssigkeit in die Luftwege gelangt, wurde früher von einer Reihe namhafter Autoren bestritten, dürfte jedoch seit langem ausser allem Zweifel stehen. Anders verhält es sich mit der Frage, wann die Ertränkungsflüssigkeit eindringt. Von neueren Autoren lässt Bert (1870) einen Teil der Ertränkungsflüssigkeit im Stadium der Dyspnoe eindringen. Falk (1869) nimmt für alle Fälle ein Eindringen von Ertränkungsflüssigkeit während des dyspnoischen Stadiums an. Anders von Hofmann. Er kam auf Grund seiner Versuche zu dem Resultat, dass die Ertränkungsflüssigkeit in der Regel erst mit den terminalen Atembewegungen in die Lungen gelange. Seine Versuche führte er folgendermassen aus: Er legte Tieren eine Schlinge um den Hals, brachte sie dann in eine Ferrozyankaliumlösung und zog diese Schlinge kurz vor den terminalen Atembewegungen fest zu. Dann fand er keine oder nur wenig Ertränkungsflüssigkeit in den Lungen, wohl aber solche in dem Magen vor. Liess er dagegen bei seinen Versuchstieren die terminalen Atembewegungen in der Ertränkungsflüssigkeit vor sich gehen, so konnte er die Flüssigkeit bis in die feinsten Bronchien und nicht selten bis in die Alveolen hinein nachweisen, und zwar desto tiefer und in desto grösseren Mengen, je länger die terminalen Inspirationen gedauert hatten und je intensiver sie gewesen waren. von Hofmann schloss daraus, dass im dyspnoischen Stadium, dem 2. seiner Einteilung, nur ausnahmsweise Wasser in die Luftwege eindringe und sagt über das Eindringen der Ertränkungsflüssigkeit: Es „erfolgt in der Regel und in nennenswerter Menge erst mit den terminalen Atembewegungen, nachdem die Bewusstlosigkeit eingetreten und die Reflexerregbarkeit, wenn auch nicht vollkommen erloschen, so doch bedeutend herabgesetzt worden ist. Während der Dyspnoe erfolgt die Aspiration der Ertränkungsflüssigkeit nicht oder nur geringfügig, weil der Reiz der eindringenden Flüssigkeit anfangs sofort rasche Exspirationen hervorruft und in dem konvulsiven Stadium der Dyspnoe durch den dabei sich einstellenden

Exspirationskrampf mit dem Schaum auch die eventuell eingedrungene Flüssigkeit ausgetrieben wird."

Arnold Paltauf hat in seiner Monographie „Ueber den Tod durch Ertrinken" 1888 sich ausführlich besonders mit dem pathologisch-anatomischen Befunde bei Ertrunkenen beschäftigt. Indessen hat er auch über die beim Ertrinken sich abspielenden Vorgänge Untersuchungen angestellt. Er fand, im Gegensatz zu von Hofmann, „bei einem Hunde, der im asphyktischen Stadium lange vor Eintritt der terminalen Atmung aus dem Medium (Berliner Blau) entfernt worden war, durch diese also kein Blau mehr aspirieren konnte," dass das Berliner Blau in den Lungen bis an die Pleura vorgedrungen war. Er schloss daraus, dass die Ertränkungsflüssigkeit in die Lungen und zwar bis in die oberflächlichst gelegenen Teile derselben eindringt. „Das geschieht nicht nur erst in dem 3. Stadium (nach von Hofmanns Einteilung), sondern, wie auch andererseits übereinstimmend angegeben wird, in einem Teil der Fälle im 2. (also dyspnoischen) Stadium. Die Menge des Eingedrungen steigt vorzüglich mit der des im 3. Stadium Aspirierten." Bezüglich des Ertrinkungsvorganges bemerkt er, dass man „Schwankungen der Dauer und Intensität innerhalb der typischen Bilder antrifft. Sie gehen besonders das 3. Stadium an. Es schwankt sowohl die Zahl als auch die Intensität der terminalen Atembewegungen. Wie sehr diese für die Lungenerfüllung von Wichtigkeit sind, weiss man." Das Eindringen und Verbleiben des Wassers hängt nach Paltauf ab von der Empfindsamkeit der Luftwege und deren Abstumpfung, der Präzision im Verschluss der Glottis, der Intensität der Hustenstösse, der Menge des Eingeatmeten und der Heftigkeit der Inspiration. Da diese Ursachen sich verschieden verhalten, so sucht er daraus die Widersprüche der verschiedenen Autoren über das verschiedenzeitige Eindringen von Ertränkungsflüssigkeit in die Luftwege zu erklären. Falk, der für alle Fälle ein Eindringen von Ertränkungsflüssigkeit im dyspnoischen Stadium annimmt, geht Paltauf zu weit: „Bleibt das Tier ununterbrochen im Wasser, so tritt mit den terminalen Atembewegungen jene reichliche Flüssigkeitsaufnahme ein . . . ." „Dass auch vorher schon eine so reichliche, fast die ganze Lunge betreffende Füllung erfolgen kann," davon konnte er sich experimentell überzeugen. „Durch das Ausbleiben oder die nur schwache Ausbildung der terminalen Atembewegungen drang im ganzen wenig Ertränkungsflüssigkeit in die Lunge." Er fasst zusammen: „Die Ertränkungsflüssigkeit

dringt im 2. und 3. Stadium des Ertrinkungstodes in die Lungen ein; hierfür, sowie für die Menge der eingedrungenen Flüssigkeit sind verschiedene Momente massgebend.“ Indessen misst Paltauf doch, wie die Zitate beweisen, den terminalen Atembewegungen die grössere Bedeutung bezüglich des Eindringens von Ertränkungsflüssigkeit in die Lungen bei.

Ganz andere Ergebnisse als von Hofmann und als Paltauf erhielten Brouardel und Loye. Um zu bestimmen, in welchem Stadium des Ertrinkens Wasser in die Lungen gelange, banden sie tracheotomierten Tieren in die Luftröhre eine Y-förmige Kanüle ein, deren einer Arm der Atmung diente und deren anderer mit einem Wasserbehälter verbunden war. Zu Beginn des Versuchs wurde die Atemkanüle verschlossen, das Thier atmete dann Wasser ein aus der gleichzeitig geöffneten anderen Kanüle. Die Mengen des in die Luftwege während der einzelnen Phasen eindringenden Wassers wurden durch eine automatische Vorrichtung graphisch aufgezeichnet. Brouardel fand, dass in dem Vorstadium (phase de surprise) nur unbedeutende Wassermengen eindrangen, dass in der 3. Phase seiner Einteilung (der Dyspnoe) $^4/_5$ des Gesamtwassergehalts der Lungen in diese gelangten, dass in der 2. und 4. Phase seiner Einteilung überhaupt kein Wasser eindrang und während der terminalen Atmung die Tiere nur noch unbedeutende Wassermengen aspirierten. Hierbei war zudem die Zahl und Intensität der terminalen Atemzüge auf die Menge des durch sie Aspirierten ohne Einfluss. Diese Resultate erschienen indessen Strassmann nicht verwertbar, da Brouardels Versuche an tracheotomierten Tieren gemacht worden waren. Strassmann meint, dass in dem 2. Stadium (der Dyspnoe nach v. Hofmann) es naturgemäss zwar zur Einsaugung von Flüssigkeit kommt, dass es aber doch die Frage sei, ob dieselbe bis in die tieferen Atemwege eindringt und nicht alsbald, da die Reflexerregbarkeit noch erhalten ist, wieder beim Berühren der Kehlkopfschleimhaut herausgeschleudert wird. Dass dies zum Teil der Fall sei, lehre die direkte Beobachtung.

Seydel stellte 1895 fest, dass bei narkotisierten oder auf andere Weise bewusstlos gewordenen Tieren eine grössere Menge von Ertränkungsflüssigkeit durch Aspiration in die Lungen tritt als bei mit vollständigem Bewusstsein und reflektorischer Nervenerregbarkeit in die Ertränkungsflüssigkeit gebrachten, und dass in bezug auf die Menge der beim Ertrinken aspirierten Flüssigkeit es von Wichtigkeit ist, ob dieselbe blutwarm oder kühl ist. Es dringt nämlich von kühler

Flüssigkeit durch Aspiration bedeutend weniger in die Lungen, als von blutwarmer.

Brückner (1895) glaubt nicht, dass die Versuche von Brouardel und Loye den Beweis, den sie erbringen sollen, liefern, und zwar, weil durch die Tracheotomie das Passieren des Kehlkopfes und der Epiglottisabschluss vermieden wird. Gleichwohl gelangte er zu denselben Resultaten. Zu seinen Versuchen benutzte Brückner Kaninchen, die er in einem Glasgefäss ertrinken liess. Als Ertränkungsflüssigkeit nahm er in einem Falle mit Fuchsin gefärbtes Wasser und zog, genau wie v. Hofmann in seinen Versuchen, während der präterminalen Atempause eine dem Tier um den Hals gelegte Schlinge zu. Er fand bei der Sektion in den Bronchien eine schaumige weisse Flüssigkeit, die keine Spur von Rotfärbung zeigte. Indessen zog er aus diesem Versuch keine Schlüsse, weil, wie er sagt, fuchsinrote Flüssigkeit auf den Schleimhäuten sehr schlecht erkennbar wäre. Zu seinen weiteren Versuchen nahm er Ferrozyankalilösung. Sobald die Dyspnoe aufhörte und die Atempause begann, wurde dann die Schlinge zugezogen und das Tier aus der Flüssigkeit herausgenommen. Dann war durch die Berlinerblau-Reaktion stets Ertränkungsflüssigkeit in den Lungen nachweisbar. Im Magen fand sich in keinem seiner Fälle Ertränkungsflüssigkeit. Brückner schloss daraus, dass das Eindringen der Ertränkungsflüssigkeit bei Kaninchen im Stadium der Dyspnoe stattfindet. Die terminalen Atembewegungen haben nach Brückner auf die Aspiration von Ertränkungsflüssigkeit keinen Einfluss, weil sie erstens ganz ausbleiben können, ohne den Befund zu ändern, und zweitens nach seiner Auffassung gar keine richtigen Atemzüge sind, da sie auch bei festzugeschnürter Kehle in ganz ebenso vollkommener Weise auftreten, wie wenn das Tier ohne Schlinge ertränkt wurde. Diese Bewegungen hält Brückner vielmehr für kurz dauernde, über die ganze Körpermuskulatur verbreitete Zuckungen. Auch die Atemmuskulatur sei beteiligt, könne aber das Einziehen von Ertränkungsflüssigkeit in die Luftwege nicht bewirken, zumal die Konvulsionen die Luftröhre durch die Epiglottis verschlössen.

Diesen Behauptungen muss doch widersprochen werden. Zunächst sind die Schlüsse, die Brückner aus seinen Versuchen zieht, viel zu weitgehend. Er hat nur bewiesen, dass schon während der Dyspnoe Ertränkungsflüssigkeit in die Lungen gelangt. Ob und wieviel Ertränkungsflüssigkeit während der terminalen Atmung in die Lungen gelangt, kann auf Grund seiner Versuche nicht entschieden werden.

Dass er ferner den terminalen Atembewegungen jegliche Bedeutung abspricht, erscheint keineswegs hinreichend begründet. Er führt vielmehr nur seine vorläufig unbewiesene Behauptung an, die terminalen Atembewegungen dienten gar nicht der Inspiration. Aber Wachholz, Brouardel und andere Untersucher fanden wie wir, dass fast in allen Versuchen während der terminalen Atmung wenn auch kleine Mengen von Ertränkungsflüssigkeit in die Lungen gelangten. Diese Tatsache dürfte doch den inspiratorischen Charakter der terminalen Atembewegungen genügend beweisen. Dass es sich vollends um Muskelzuckungen des ganzen Körpers bei der terminalen Atmung handle, konnte in keinem unserer weiter unten angeführten Versuche bestätigt werden. Es ist vielmehr die Rumpf- und Extremitätenmuskulatur dabei, von seltenen und ganz leichten Zuckungen der hinteren Extremitäten abgesehen, gänzlich unbeteiligt. Ferner ist die Annahme, dass der Kehlkopf durch die Epiglottis während der terminalen Atmung verschlossen würde, ebensowenig bewiesen wie wahrscheinlich. Schliesslich muss noch bemerkt werden, dass das Fehlen der terminalen Atembewegungen keineswegs so häufig ist, wie Brückner anzunehmen scheint. In unseren weiter unten noch anzuführenden Kaninchenversuchen wurden sie in keinem einzigen Falle vermisst. Auch in den von Wachholz veröffentlichten beiden Tabellen fehlen sie in keinem seiner 31 Versuche an Hunden und Katzen, bestehen nur in einem Falle in einer einzigen sehr schwachen terminalen Inspiration, sind aber im übrigen an Zahl und Stärke meist beträchtlich und betragen aus seinen 31 Versuchen berechnet im Durchschnitt 10 pro Tier.

Wachholz und Horoszkiewicz (1904) haben sich in ihren „Experimentellen Studien zur Lehre vom Ertrinkungstod“ ausführlich mit der Frage des Eintritts von Ertränkungsflüssigkeit in die Luftwege beschäftigt. In ihrer ersten Versuchsreihe wurden 12 Katzen und Hunde belastet und mit festgebundenen Extremitäten in Methylenblaulösung ertränkt und zum Teil den Versuchstieren vor dem Eintritt der terminalen Atmung die Luftröhre komprimiert, mithin die Versuchsanordnung v. Hofmanns benutzt. Da einerseits Kryoskopie und Zählung der Blutkörperchen verschiedene Resultate bei den Tieren, die vor und nach der terminalen Atmung aus dem Wasser herausgenommen waren, nicht ergaben, andererseits die Lungen der Tiere, deren Trachea vor Eintritt der terminalen Atmung komprimiert war, Methylenblaulösung in ergiebiger Menge enthielten, so gelangten Wachholz und Horoszkiewicz zu dem Schluss, dass diese Versuche das Eindringen

der grössten Quantität Wasser in die Lungen vor Eintritt der terminalen Atmung bewiesen. Die zweite Versuchsreihe erstreckte sich auf 20 tracheotomierte Katzen und Hunde, bei denen zum Teil die Versuchsanordnung nach Brouardel getroffen war. Die Tiere dieser Reihe wurden sämtlich nicht ins Wasser versenkt. Diese Versuchsreihe ergab, dass $^1/_7$ des gesamten aspirierten Wassers durchschnittlich schon während des Vorstadiums dauernd in die Luftwege gelangte, der grösste Teil des jetzt aspirierten dagegen wieder expektoriert wurde. Der weitaus grösste Teil der Ertränkungsflüssigkeit gelangte im dyspnoischen Stadium allmählich in die Luftwege. In der Phase der terminalen Atmung wurde dagegen nur eine spärliche Wassermenge eingezogen, durchschnittlich $^1/_{15}$ des gesamten aspirierten Wassers, zuweilen sogar etwas Wasser aus den Luftwegen ausgestossen. „Daraus folgt nun, dass die terminalen Atembewegungen einen sehr geringen und deswegen ausser Betracht kommenden Einfluss auf die gesamte während des Ertrinkens aspirierte und in den Luftwegen behaltene Wassermenge ausüben.“ Auch konnten Wachholz und Horoszkiewicz die erwähnten Befunde Seydels bestätigen. In der 3. Versuchsreihe wandten sich Wachholz und Horoszkiewicz gegen den Einwand Strassmanns bezüglich der Brouardelschen Versuche, dass durch die Tracheotomie Ausnahmeverhältnisse geschaffen seien. Durch eine eigene Versuchsanordnung suchten sie an 2 Tieren (Katze und Kaninchen) nachzuweisen, dass der Ertrinkungsvorgang mit und ohne Tracheotomie der gleiche sei, mithin vom tracheotomierten Tier auch auf das nicht tracheotomierte bezüglich des Zeitpunktes des Eindringens von Ertränkungsflüssigkeit in die Luftwege geschlossen werden könne. Aus den 16 Versuchen an Hunden der 4. Versuchsreihe zogen sie den Schluss, dass die Menge des aspirierten Wassers und daher auch der Lungenbefund und die Blutverdünnung abhängig seien von

1. der Grösse der vitalen Lungenkapazität,
2. der Temperatur der Ertränkungsflüssigkeit,
3. der Reflexerregbarkeit der oberen Luftwege,
4. der Respirationsphase,
5. der Zahl, Kraft und dem Ueberwiegen der terminalen Inspirationen.

Margulies, der, wie schon oben erwähnt, den Ertrinkungsvorgang in die 2 Stadien der Abwehr und der Wehrlosigkeit einteilt, betont

die Wichtigkeit der Abwehrmittel, d. i. bei erhaltenem Bewusstsein der Wille und die Reflexerregbarkeit und, wie er besonders hervorhebt, der Schluckmechanismus. Auch die freie Beweglichkeit soll als Abwehrmittel von Bedeutung sein. Schwinden Bewusstsein und Reflexerregbarkeit, so folgt das Stadium der Wehrlosigkeit; gegen das Eindringen von Ertränkungsflüssigkeit kann nunmehr aktiver Widerstand nicht mehr geleistet werden. „Die Frage nach dem Zeitpunkt des Eintritts der Flüssigkeit in die Luftwege fällt mit der Frage zusammen, wann der Uebergang aus dem 1. in das 2. Stadium stattfindet.“ „Je mehr und je früher das eine oder das andere Abwehrmittel in seiner Wirkung beeinträchtigt oder je früher es gänzlich aufgehoben wird, um so schwächer wird die Abwehr sein und um so früher wird sie nachlassen; und andererseits wird um so früher und wohl auch in um so grösserer Menge die Flüssigkeit in die Luftwege eindringen.“ Margulies behauptet nun, dass bei der oben beschriebenen Versuchsanordnung v. Hofmanns sämtliche Abwehrmittel bis zuletzt ungestört entfaltet werden konnten, bei der Versuchsanordnung Brouardels hingegen seien die wirksamsten Abwehrmittel der Versuchstiere ausgeschaltet worden und die Verschiedenheit der Versuchsergebnisse hierdurch bedingt. Da er annimmt, dass Wachholz und Horoszkiewicz dieselbe Versuchsanordnung getroffen hätten wie Brouardel, so richtet sich seine Annahme des Fehlens wichtiger Abwehrmittel auch gegen diese beiden Untersucher, gegen welche Gleichstellung seiner Versuche Wachholz nachdrücklich Verwahrung einlegte. Um diese Frage zu entscheiden, liess Margulies drei Kaninchen frei ertrinken und nahm nach Beendigung der terminalen Atmung sie aus dem Wasser. Ein viertes nahm er schon nach dem ersten terminalen Atemzug heraus. Durch Wägung der Lungen fand er nun, dass bei dem letzten nur sehr wenig Wasser eingedrungen war, entgegen dem Befund bei den drei ersten. Daraus schloss er, dass die Hauptmenge des Wassers während der terminalen Atmung eindringe.

Er benutzte bei der Berechnung der Wassermengen in den Lungen ein von ihm festgestelltes Durchschnittsgewicht normaler Kaninchenlungen. Wie wir noch später sehen werden, und wie auch Wachholz bereits behauptet hat, ist dieses Durchschnittsgewicht ungenau.

Die Einwände, die Margulies gegen die Experimente von Wachholz und Horoszkiewicz erhob, widerlegt Wachholz in seinen „Experimentellen Beiträgen zur Lehre vom Ertrinkungstod“.

Vor allem wendet er sich dagegen, dass seine Versuche denen von Brouardel völlig gleichgestellt würden, weist vielmehr darauf hin, dass seine aus 12 Versuchen bestehende 1. und die aus 2 Versuchen bestehende 3. Versuchsreihe, sowie ein weiterer Versuch der 4. Reihe mit Erhaltung des Schluckmechanismus vorgenommen seien, entgegen der Versuchsanordnung Brouardels und wie bei der v. Hofmanns und Margulies'. Auch bestreitet Wachholz die entgegengesetzte Behauptung von Margulies, dass das Nichtversenken der Tiere in den Versuchen der 2. und 4. Reihe Einfluss hätte auf den Verdünnungsrad des linken Herzbluts und folglich auch auf die Menge des aspirierten Wassers. Er stützt diese Annahme auf die gleichen Befunde der Kryoskopie bei beiden Versuchsarten. Auch den Margulies'schen Einwand, das Wasserniveau des graduierten Wasserbehälters habe bei Beginn des Versuchs 30 cm über dem Niveau der Luftröhre gelegen, hält er für belanglos. Um nochmals seine gefundenen Resultate nachzuprüfen, nahm Wachholz in zwei weiteren Kaninchenversuchen ein Tier vor und eins nach der terminalen Atmung aus dem Wasser und fand nur geringe Unterschiede bezüglich des Wassergehalts der Lungen. Schliesslich unternahm er noch folgenden Kaninchenversuch: Er erdrosselte ein Tier mit einer Schlinge und setzte es erst während des asphyktischen Stadiums in die Methylenblaulösung, indem er ihm nur Gelegenheit gab, Wasser während der terminalen Atmung zu aspirieren. Hierbei fand er in den Lungen keinerlei Blaufärbung vor. Indessen erscheint dieser letzte Versuch doch nicht ganz einwandfrei. Wenn die terminalen Atembewegungen auch zahlreich waren, so muss durch sie doch die Lösung, bevor sie in Trachea und Lungen gelangt, zuerst in die oberen Luftwege, also zunächst in den Rachen, aspiriert werden. Der Befund in diesem ist leider nicht angeführt. Auch ist es wahrscheinlich, dass durch die vorhergehende Drosselung die Aspiration von Flüssigkeit über die Drosselungsmarke hinaus erschwert ist; jedenfalls sind durch die Einwirkungen des Drosselwerkzeuges Veränderungen des Ertrinkungsmechanismus denkbar (Verletzungen, Nervenreizung). Ferner ist für die Berechnung des Lungengewichts von Wichtigkeit, dass durch die Strangulation die Lungen in den Zustand der Hyperämie und des Oedems geraten, wodurch, ausser durch Ekchymosen, das Lungengewicht natürlich stark vermehrt wird, entgegen den Ertrinkungslungen, die zumeist mehr oder weniger anämisch sind. Auch aus den Margulies'schen Versuchen zieht Wachholz den Schluss, dass die

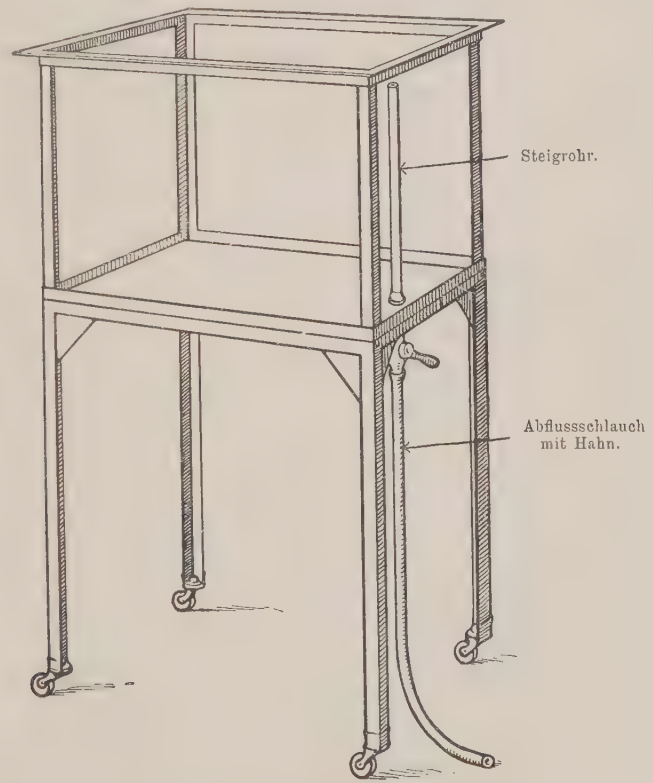
Menge der in die Lungen eindringenden Ertränkungsflüssigkeit von der Zahl der terminalen Atemzüge unabhängig ist, und er kommt, nachdem er nochmals den Einfluss der von ihm und Horoszkiewicz dafür angenommenen Faktoren auf die Quantität der aspirierten Ertränkungsflüssigkeit hervorgehoben hat, wieder auf Grund seiner kritischen und experimentellen Beweise zu dem Resultat, dass die Ertränkungsflüssigkeit vorwiegend im Stadium der Dyspnoe in die Lungen gelangt.

Margulies bemerkte in seiner Erwiderung in der Diskussion über die Frage des Ertrinkungstodes auf der zweiten Tagung der Deutschen Gesellschaft für gerichtliche Medizin, Brouardel habe gefunden, dass bei nicht ins Wasser versenkten Tieren die Ertränkungsflüssigkeit 35 Sekunden früher in die Luftwege eindrang als bei den versenkten. Margulies erklärte dies durch die Ausschaltung eines wichtigen Abwehrmittels, der Reizung der Nasen-, Rachen- und Kehlkopfschleimhaut bei der Brouardelschen Versuchsanordnung. Dieser Umstand sei Wachholz und Horoszkiewicz entgangen. Es müsse daher die Ertränkungsflüssigkeit erst zirka 35 Sekunden später in die Atemwege eindringen. Ein weiteres Abwehrmittel, der Schluckakt, sei von Brouardel nicht berücksichtigt, auch sei das Versuchstier in Inspirationsstellung auf einem Brett festgeschnallt, also in der Exspiration behindert. Daher ströme das Wasser bei Brouardel denn auch jäh im Stadium der Dyspnoe ein. Bei Wachholz und Horoszkiewicz hält er das Nichtversenken der Tiere während des Versuchs in einem Bassin und das Höherstehen der Wassersäule um 30 cm über den Atemwegen des Tieres für Versuchsfehler. Durch letzteres sei veranlasst, dass das Wasser früher und in grösserer Menge in die Luftwege eindringe. Margulies zweifelt daher an der Genauigkeit der Resultate der Wachholzschen Versuche. Auch hält er es für zweifelhaft, ob die Menge der in die Luftwege eindringenden Flüssigkeit durch das Geschlecht, das Gewicht und die Lungenkapazität des Tieres und die Atemphase, wie Wachholz behauptet, beeinflusst werde. Das Untergehen in Exspiration sei eine seltene Ausnahme. Er glaubt daher, dass Wachholz der Atemphase überhaupt einen zu grossen Einfluss auf die Menge der eindringenden Flüssigkeit zuschreibt. Puppe und Margulies fanden bei Kaninchen keinen nennenswerten Einfluss der Atemphase. Daher hielt Margulies an seiner Behauptung fest, dass die bei seinen Versuchstieren vorgefundene Flüssigkeit „auf die Einwirkungen der terminalen Atembewegungen zurückzuführen sei“.

Um diese Frage nun endgültig zu entscheiden, wurden die weiter unten angeführten Versuche unternommen. Zunächst kam es dabei darauf an, dass der Ertrinkungsvorgang überhaupt keine Störung durch die Versuchsanordnung erleiden sollte. Weiterhin wurde versucht, die für die Beobachtung des Ertrinkungsvorganges durchaus günstigsten Bedingungen zu schaffen. Es wurde daher von weniger durchsichtigen Farblösungen abgesehen, vielmehr Wasser (teils kalt aus der Wasserleitung, teils angewärmt aus der Warmwasserheizung) benutzt, besonders auch deshalb, weil, wie H. Schmidt hervorhebt, „wir die Phänomene des Ertrinkungsaktes am korrektesten bei Versuchen in reinem Wasser beobachten werden, indem wir gleichzeitig bedenken, dass die einzelnen Phasen des eintretenden Todes durch differente, im Wasser enthaltene Stoffe modifiziert werden können; so würde z. B. bei den üblichen Ertränkungsversuchen in gelber Blutlaugensalzlösung die lähmende Wirkung der Kaliverbindung auf die Herzkraft mit in Rechnung zu ziehen sein.“ Zum Zwecke der genaueren Beobachtung des Ertrinkungsvorganges hatte Herr Professor Ziemke nach eigenen Angaben von Leitz in Wetzlar ein geräumiges Bassin mit aus dicken Spiegelglasscheiben bestehenden Wänden erbauen lassen. Dieses Bassin befindet sich auf einem fahrbaren eisernen Fussgestell von 1 m Höhe und hat folgende Abmessungen: 100×58×66 cm. Maximal fasst es 380 l Wasser (siehe Figur). Bei den Versuchen war es stets mindestens bis zu $^3/_4$ seines Inhalts angefüllt. Es konnte daher mühelos und genau der Ertrinkungsvorgang beobachtet werden. Auch war den Versuchstieren, sämtlich Kaninchen, ermöglicht, andauernd umherzuschwimmen, ohne dass jemals die Möglichkeit bestand, dass sie den Boden des Bassins berührten oder an den Wänden irgendwo eine Stütze gefunden hätten. Die Wärme des Wassers, das als Ertränkungsflüssigkeit diente, wurde in der Mehrzahl der Fälle von sommerlicher Temperatur gewählt, sie lag maximal zwischen 10° C und Bluttemperatur. Es war so zugleich die Möglichkeit gegeben, an Kaninchen die Behauptung Seydels u. a. nachzuprüfen, dass mit steigender Temperatur eine um so grössere Menge Wasser in die Luftwege eindränge. Zugleich erschien es nicht ausgeschlossen, dass durch die höhere Temperatur die zu erwartenden Unterschiede in dem Wassergehalt der Lungen deutlicher würden.

Zunächst wurden mehrere Versuche unternommen, deren Ergebnisse jedoch nicht unter den folgenden Versuchen mitgeteilt sind. Es wurde versucht, Tiere in einer dünnen Kupfersulfatlösung zu er-

tränken, die dann chemisch in den Lungen nachzuweisen gewesen wäre. Indes zeigte sich, dass die gefärbte Lösung die Beobachtung des Ertränkungsverlaufes erschwerte und es wurde daher von dieser Methode Abstand genommen. Auch das Wiedergewinnen der Ertränkungsflüssigkeit aus den Lungen mit Hilfe der von Revenstorf angegebenen (in der Vierteljahrsschrift f. ger. Med., Bd. 33, abgebildeten) Lungenpresse ergab keine sicheren Resultate.



Sämtliche Versuche wurden als Parallelversuche unternommen. Von je zwei Tieren, die möglichst vom gleichen Wurf, ferner, soweit möglich, gleichen Geschlechts und annähernd gleichen Gewichts waren, wurde das eine, sobald die terminalen Atembewegungen beendigt waren, aus dem Wasser herausgenommen, wobei darauf geachtet wurde, dass weder aus noch in die Luftwege Flüssigkeit fernerhin gelangen konnte. Darauf wurde, ausser in den fünf ersten Versuchen, das verlängerte Mark schnell mit einer Knochenschere durchtrennt,

um teils das Wiedereintreten der Atmung (Versuch IV) zu hindern, teils das Sistieren der Herztätigkeit zu beschleunigen. Es wurde dann sofort die Luftröhre des Tieres fest unterbunden und die Brusthöhle eröffnet. Die Lungen wurden einzeln vom Herzen isoliert, dicht an der Bifurkation abgebunden, abgeschnitten und sofort genau auf einer Analysenwage gewogen, so dass dieser ganze Vorgang in wenigen Minuten beendet war. Inzwischen oder kurz darauf wurde die Sektion zu Ende geführt, in sämtlichen Fällen Magen und Darm auf flüssigen Inhalt untersucht und stets die Blase eröffnet. Schliesslich wurde noch das Volumen der Lungen durch Wägen im Wasser festgestellt und im Anschluss daran die Lungen, um ihre Trockensubstanz zu bestimmen, in Petrischälchen zerschnitten, verteilt und mehrere Tage im Trockenschrank bei durchschnittlich 95° C. getrocknet. In den Parallelversuchen (gerade Nummern) wurde das entsprechende Tier in das Wasser von gleicher Temperatur eingesetzt. Hier wurde indessen das Tier, sobald das dyspnoische Stadium beendet war, die Reflexe erloschen waren und die präterminale Atempause begonnen hatte, während dieser, in mehreren Fällen auch erst nach der ersten terminalen Atembewegung aus dem Bassin herausgenommen und ihm mit Ausnahme der beiden ersten Versuche das verlängerte Mark durchtrennt, darauf in der gleichen Weise wie oben verfahren.

In den Versuchen der ersten Reihe, Nr. 1—14, wurde jeglicher Eingriff in den physiopathologischen Ertrinkungsmechanismus vermieden. Die Tiere schwammen also zunächst, verschieden lange, in dem Bassin herum und starben nach 11 bis 39, durchschnittlich nach 20 Minuten (Versuch 1—12). Ausnahmeverhältnisse fanden sich bei den Tieren 13 und 14. Bemerkenswert war das Verhalten des Tieres 13. Während die anderen Kaninchen spätestens 39 Minuten nach dem Einsetzen ins Wasser ertranken, schwamm dieses Tier stundenlang im Wasser umher, dazwischen wieder in längeren Pausen ruhig auf dem Wasser liegend, ohne jemals unterzutauchen, so dass schliesslich durch das Umbinden eines Sandsackes nach mehr als 5 Stunden der Ertrinkungstod erzwungen werden musste. Um entsprechende Verhältnisse zu schaffen, wurde das Parallelversuchstier 14 künstlich mehrfach über Wasser gehalten, hielt sich aber in den letzten Stunden ohne Nachhilfe selbst über Wasser. Diese beiden Versuche, so interessant sie an sich durch die Verzögerung des Ertrinkungstodes sind, können jedoch für den Nachweis von Ertränkungsflüssigkeit in den Lungen durch Wägung

nicht gebraucht werden, da in den Lungen beider Tiere sich pneumonische Herde von beträchtlicher Grösse auch mikroskopisch nachweisen liessen, mithin das Lungengewicht stark verändert war. Dass die Tiere sich so lange über Wasser halten konnten, wurde wohl durch den grösseren Luftgehalt der Därme ermöglicht (durch Verschlucken von Luft). Bei sämtlichen Tieren wurde die Zahl der Atemzüge kurz nachdem sie ins Wasser gesetzt waren und auch noch später ermittelt und stets so gross gefunden, dass, wie wir schon jetzt bemerken, bei Kaninchenversuchen jedenfalls ein nennenswerter Einfluss der In- und Exspiration vor dem Untergehen des Tieres auf die Menge des aspirierten Wassers ausgeschlossen erscheint. Sie betrug maximal zwischen 52 und 128, im Durchschnitt 70 pro Minute. Der Ertrinkungsvorgang war bei fast allen Tieren der typische, die verschiedenen Stadien liessen sich deutlich unterscheiden. Die Krämpfe waren fast immer vorhanden und oft stark ausgeprägt. Die präterminale Atempause war in allen Fällen (mit Ausnahme des Versuchs 10) deutlich. Die Zeit vom Eintritt der Dyspnoe bis zum Eintritt der terminalen Atmung dauerte $^1/_2$ bis 2 Minuten. Vom Eintritt der Dyspnoe bis zum Aufhören der terminalen Atembewegungen vergingen $2^3/_4$ bis $4^1/_4$, im Durchschnitt $3^1/_2$ Minuten. Die terminalen Atemzüge waren konstant vorhanden, wenn auch in verschiedener Stärke. Ihre Zahl schwankte zwischen 7 und 37 und betrug zumeist 12, im Durchschnitt 15.

Die Versuche der 2. Versuchsreihe, Nr. 15—28, waren insofern von denen der ersten verschieden, als die Kaninchen, mit einem Sandsack beschwert, in das Bassin versenkt wurden. Hierdurch wurde der Ertrinkungsvorgang allerdings beeinflusst, es dürfte diese Versuchsart aber dem Ertrinkungsvorgang beim Menschen (Nichtschwimmer) noch eher gleichkommen als die Versuche der ersten Reihe. Der Sack wurde, um die Abwehrbewegungen des Tieres nicht zu beschränken, am Bauche des Tieres locker befestigt. Er war mit Sand gefüllt und sein Gewicht betrug je nach der Stärke des Tieres $^3/_4$ bis $1^1/_2$ kg, wurde aber in jedem Falle nicht zu schwer gewählt, um den Tieren das Auftauchen noch zu ermöglichen. Die Wassertemperatur wurde wie bei der ersten Versuchsreihe gewählt. Die Tiere tauchten grösstenteils nach dem Versenken im Wasser nochmals empor (bis zu 12 mal, Tier 19), um dann am Boden des Bassins zu ertrinken. Die Versuchstiere 15 und 16 wurden, um sie zu ermüden, je $^1/_2$ Stunde vor dem Versenken im Wasser herumschwimmen gelassen, wobei darauf geachtet wurde, dass sie stets mit dem Kopf über Wasser

blieben. Ein bemerkenswerter Unterschied gegenüber den anderen Versuchen ergab sich dabei nicht. Der Ertrinkungsverlauf zeigte Besonderheiten bei den Tieren 16 und 27, wo die präterminale Atempause ausblieb. Die Krämpfe waren zumeist ausgesprochen, wenn auch verschieden stark. Die Tiere starben nach 2 bis $3^1/_4$ Minuten, durchschnittlich nach $2^3/_4$ Minuten. Die terminalen Atembewegungen waren stets vorhanden, ihre Zahl schwankte zwischen 3 und 15. Diesen wie auch den vor Beginn der terminalen Atmung aus dem Wasser herausgenommenen Kaninchen (nur Tier 16 wurde erst nach der ersten terminalen Atmung herausgenommen) wurde wie in der ersten Versuchsreihe aus den angegebenen Gründen die Medulla alsbald durchschnitten. Diese Durchschneidung wurde in der präterminalen Atempause frühestens 1 Minute und 5 Sekunden und spätestens 1 Minute und 55 Sekunden nach dem Versenken der Tiere vorgenommen.

Versuche.

I. Reihe.

1. Kaninchen von 1554 g, weiblich. Temperatur des Wassers 17° C.

Nach dem Einsetzen ins Wasser mehrfach Wasserschlucken. Atmung 84. Nach 15 Minuten inspiratorische Dyspnoe, Reflexe vorhanden, Krämpfe angedeutet. Nach 17 Minuten beginnt die terminale Atmung, 8 terminale Atembewegungen. Tod nach 19 Minuten.

Die sofortige Sektion ergibt ein Lungengewicht von 22,907 g. Die Lungen sind stark gebläht, in der Luftröhre reichlich Schaum. Im Magen etwas, im oberen Dünndarm etwas mehr, im ganzen nicht viel Flüssigkeit.

2. 1625 g, weiblich. Wassertemperatur 17° C.

15 Minuten nach dem Einsetzen geht das Tier unter Wasser, Atmung bisher durchschnittlich 70 (66—78). Nach 16 Minuten beginnt die Dyspnoe. Sofort nach dem Erlöschen der Reflexe in der Atempause wird das Tier herausgenommen und stirbt nach 20 Minuten nach 28 kräftigen und 3 schwachen terminalen Atembewegungen. (Bei diesem Tier wurden ausnahmsweise die terminalen Atembewegungen vor der Sektion abgewartet.)

Lungengewicht 14,593 g. Die Lungen sind gebläht, in der oberen Luftröhre sehr reichlicher weisser Schaum, im Magen fast keine, im Duodenum etwas Flüssigkeit.

3. 1566 g, männlich. Wassertemperatur 18° C.

Nach dem Einsetzen ins Wasser beträgt die Atmung ca. 60. Nach $14^1/_4$ Minuten tritt Dyspnoe ein. Nach 15 Minuten Beginn der terminalen Atmung. 34 starke und 3 schwache terminale Atembewegungen. Tod nach $18^1/_2$ Minuten.

Lungengewicht 23,068 g. Lungenvolumen 28,785 ccm. Lungen mit Emphysema aquosum, im Magen keine, im Dünndarm wenig Flüssigkeit.

4. 1939 g, weiblich. Wassertemperatur 18° C.

Die Atmung beträgt nach dem Einsetzen ins Wasser 72. Nach $23^1/_2$ Minuten

wird das Tier in der Atempause herausgenommen und sofort seziert. Es beginnt bei der Sektion wieder zu atmen.

Lungengewicht 14,495 g. Lungenvolumen 32,434 ccm. Die Lungen sind nicht auffallend gebläht, kein Emphysema aquosum, im Magen wenig, im oberen Dünndarm reichliche Flüssigkeit.

5. 1335 g, männlich. Wassertemperatur 12° C.

Die Atmung beträgt nach dem Einsetzen des Tieres ins Wasser 72. 8 Minuten nach dem Einsetzen Wasserschlucken. Nach 8 Minuten 40 Sekunden Dyspnoe. Nach $9^1/_2$ Minuten Beginn der terminalen Atmung, 4 schwache und 8 tiefe terminale Atembewegungen. Tod nach $11^1/_2$ Minuten.

Lungengewicht 17,102 g. Lungenvolumen 10,525 ccm. Die Lungen sind nicht auffallend gebläht, im Magen fast nichts, im oberen Dünndarm wenig Flüssigkeit.

6. 1315 g, männlich. Wassertemperatur 12° C.

Die Atmung verhält sich wie sonst. Nach 9 Minuten etwas Wasserschlucken. Nach $10^1/_2$ Minuten fehlen die Reflexe. Nach 11 Minuten wird das Tier herausgenommen und sofort das Rückenmark durchtrennt.

Lungengewicht 12,824 g. Lungenvolumen 16,322 ccm. Die Sektion ergibt den gleichen Befund wie bei Tier 5.

7. 1358 g, weiblich. Wassertemperatur 20° C.

9 Minuten nach dem Einsetzen des Tieres ins Wasser erlöschen die Reflexe, Krämpfe, nach $10^1/_2$ Minuten steigt feiner Schaum auf. Nach 11 Minuten beginnt die terminale Atmung, 6 starke und 1 schwacher terminaler Atemzug. Das Rückenmark wird durchtrennt.

Lungengewicht 14,844 g. Lungenvolumen 22,041 ccm. Lungen mit Emphysema aquosum, jedoch nicht sehr ausgeprägt. Im Magen sehr reichliche Flüssigkeit, ebenso im oberen Dünndarm.

8. 1353 g, weiblich. Wassertemperatur 20° C.

10 Minuten nach dem Einsetzen ins Wasser Untertauchen. Nach 11 Minuten Wasserschlucken, nach 13 Minuten Dyspnoe. Nach dem ersten terminalen Atemzuge wird das Tier herausgenommen und sofort das Rückenmark durchtrennt.

Lungengewicht 11,092 g. Lungenvolumen 31,690 ccm. Die Lungen sind nicht auffallend gebläht, im Magen wenig, im oberen Dünndarm ebenfalls wenig Flüssigkeit.

9. 1797 g, weiblich. Wassertemperatur 22,5° C.

Nach dem Einsetzen ins Wasser beträgt die Atmung 120. Nach 21 Minuten Wasserschlucken. Nach 23 Minuten erlöschen die Reflexe, Krämpfe. Nach $23^1/_4$ Minuten steigen Blasen auf. Nach 24 Minuten beginnt die terminale Atmung, es steigen dabei noch immer feine Blasen auf. Nach $26^1/_2$ Minuten Tod nach 12 starken und 3 schwachen terminalen Atembewegungen. Das Rückenmark wird durchschnitten.

Lungengewicht 21,367 g. Lungenvolumen 36,742 ccm. Lungen nicht auffallend gebläht. Unterlappen blutig suffundiert, im Magen und Dünndarm Flüssigkeit.

10. 1677 g, weiblich. Wassertemperatur 22,5° C.

$19^1/_2$ Minuten nach dem Einsetzen ins Wasser Dyspnoe, $^1/_2$ Minute dauernde Krämpfe, keine präterminale Atempause, nach 20 Minuten eine schwache und eine

starke terminale Atembewegung. Tier sofort herausgenommen und Rückenmark durchtrennt.

Lungengewicht 16,277 g. Lungenvolumen 30,398 ccm. Lungen nicht auffallend gebläht, im Magen keine, im Dünndarm etwas Flüssigkeit.

11. 1511 g, weiblich. Wassertemperatur 29° C.

Das Tier bleibt ruhig im Wasser liegen. Atmung 52. Nach 36 Minuten werden die Reflexe schwächer, um nach $36^1/_4$ Minuten zu erlöschen. Nach 37 Minuten Beginn der terminalen Atmung, 12 schwache Atembewegungen. Nach 39 Min. Tod.

Lungengewicht 12,450 g. Lungenvolumen 30,788 ccm. Lungen etwas gebläht, im Magen und oberen Dünndarm etwas Flüssigkeit.

12. 1795 g, männlich. Wassertemperatur 29° C.

Nach dem Einsetzen taucht das Tier mehrfach unter. Nach 27 Minuten erlischt der Kornealreflex, ganz kurze Dyspnoe, ein terminaler Atemzug, sofort Durchtrennung des Rückenmarks. Danach noch mehrere Atemzüge, das Herz schlägt noch ca. 2 Minuten fort.

Lungengewicht 12,376 g. Lungenvolumen 29,356 ccm. Lungen deutlich gebläht, im Magen und oberen Dünndarm sehr reichlich Flüssigkeit.

13. 1770 g, männlich. Wassertemperatur 31° C.

Das Tier schwimmt stundenlang im Wasser umher, die Atmung beträgt anfangs 58, dann 88, 100, 76, nach 5 Stunden 128. Leichte Muskelzuckungen in den hinteren Extremitäten. Stertoröse Atmung. Nach 5 Stunden 19 Minuten wird, um den Ertrinkungstod zu beschleunigen, um den Hinterleib des Tieres ein Sack gebunden, der, mit etwas Sand gefüllt, das Tier zu Boden zieht. Trotzdem taucht es nochmals auf. Nach $20^1/_2$ Minuten Krämpfe, nach 21 Minuten sind die Reflexe erloschen, 12 schwache terminale Atemzüge, nach $23^1/_2$ Minuten Tod.

Lungengewicht 26,716 g. Lungenvolumen 22,371 ccm. Die linke Lunge blutig suffundiert, hart elastisch sich anfühlend, mikroskopisch im Stadium der roten Hepatisation. Desgleichen die rechte, aber nur unten und in geringer Ausdehnung. Im Herzbeutel 2 ccm seröser Flüssigkeit. Im Magen und Darm wenig Flüssigkeit. Blase sehr stark gefüllt. Darm stark gebläht, Abdomen daher aufgetrieben.

14. 1939 g, männlich. Wassertemperatur 31° C.

Das Tier scheint mehrmals untergehen zu wollen, sehr unruhig, wird künstlich mehrfach über Wasser gehalten; in den letzten 2 Stunden liegt es ruhig. 5 Stunden nach dem Einsetzen wird es wie das vorige versenkt, grosse Luftblasen steigen aus Maul und Nase, es taucht nochmals auf, reisst unter Wasser 8mal weit das Maul auf. Nach 5 Stunden 55 Sekunden feiner Schaum aufsteigend, nach 1 Minute 10 Sekunden Krämpfe, nach 1 Minute 50 Sekunden fehlen die Reflexe, es wird herausgenommen und sofort das Rückenmark durchschnitten.

Lungengewicht 26,819 g. Lungenvolumen 23,299 ccm. Lungen gebläht, gross, ziemlich bluthaltig, beiderseits vorn unten eine kleine Stelle pneumonisch infiltriert. Im Magen und oberen Dünndarm äusserst reichlich Flüssigkeit. Blase stark gefüllt mit rötlichem Urin.

II. Reihe.

15. 1288 g, weiblich. Wassertemperatur 36° C.

Das Tier wird mit einem Sandsack um den Hinterleib versenkt, taucht noch einmal auf. Nach 1 Minute 40 Sekunden 3 tiefe Atemzüge, Schaum steigt auf, nach

2 Minuten 25 Sekunden beginnt die terminale Atmung, 2 starke und 2 schwache Atemzüge, nach 3 Minuten Tod.

Lungengewicht 18,440 g. Lungenvolumen 6,708 ccm. Lungen wenig gebläht, etwas konsistenter als gewöhnlich, ziemlich blutreich, leichte Sugillationen. Im Magen keine, im oberen Dünndarm etwas Flüssigkeit. Blase stark gefüllt.

16. 1282 g, weiblich. Wassertemperatur 34° C.

Mit Sandsack versenkt, nach 1 Minute Krämpfe, nach 1 Minute 8 Sekunden der erste terminale Atemzug. Sofort Durchschneiden des Rückenmarks.

Lungengewicht 12,130g. Lungenvolumen 17,115 ccm. Lungen wenig gebläht, anämisch, im Magen und oberen Dünndarm ziemlich reichlich Flüssigkeit. Blase wenig gefüllt.

Tier 15 und 16 werden vor dem Versenken mit einem Sandsack je $^1/_2$ Stunde im Bassin herumschwimmen gelassen, um sie zu ermüden.

17. 1152 g, weiblich. Wassertemperatur 12° C.

Nach dem Versenken mittels Sandsacks taucht das Tier noch 7 mal auf. Nach 1 Minute 20 Sekunden Exspirationskrämpfe, feiner Schaum, nach 1 Minute 45 Sekunden 3 tiefe Inspirationen, nach 2 Minuten 25 Sekunden beginnt die terminale Atmung, 2 starke und 1 schwacher terminaler Atemzug, Tod nach 3 Minuten 15 Sekunden.

Lungengewicht 17,145 g. Lungenvolumen 7,548 ccm. Lungen wenig gebläht, im Magen und oberen Dünndarm sehr viel Ertränkungsflüssigkeit, Blase fast leer.

18. 1140 g, männlich. Wassertemperatur 12° C.

Nach dem Versenken 7maliges Auftauchen, nach 50 Sekunden geht das Tier unter, nach $1^1/_2$ Minuten Krämpfe und Exspirationen. Nach 1 Minute 55 Sekunden in Atempause herausgenommen und Rückenmark durchtrennt.

Lungenwicht 16,486 g. Lungenvolumen 10,038 ccm. Lungen hyperämisch, wenig gebläht, im Magen und oberen Dünndarm etwas Flüssigkeit.

19. 1112 g, männlich, Wassertemperatur 17° C.

Das Tier taucht 12mal kräftig empor. Nach $^3/_4$ Minuten Dyspnoe, nach 1 Minute Krämpfe, Schaum steigt auf. Nach $1^1/_4$ Minute präterminale Atempause beginnend, nach 2 Minuten steigen noch kleine Mengen feinen Schaumes auf. Zuckungen in den linken Extremitäten. Nach 2 Minuten 7 Sekunden beginnt die terminale Atmung. 5 mittelkräftige und 1 schwacher terminaler Atemzug. Tod nach 3 Minuten 5 Sekunden.

Lungengewicht 17,085 g. Lungenvolumen 9,136 ccm. Lungen wenig gebläht, etwas blutreich, im Magen und oberen Dünndarm sehr reichlich Flüssigkeit.

20. 1085 g, männlich. Wassertemperatur 17° C.

Das Tier taucht nur einmal schwach auf, nach 50 Sekunden grosse Luftblasen, nach 1 Minute 10 Sekunden schwache Krämpfe, nach 1 Minute 50 Sekunden in Atempause wird Rückenmark durchschnitten.

Lungengewicht 12,251 g. Lungenvolumen 6,976 ccm. Lungen kaum gebläht, wenig bluthaltig, im Magen keine, im oberen Dünndarm etwas Flüssigkeit.

21. 1193 g, männlich. Wassertemperatur 20,5° C.

Das Tier taucht 7mal auf, grosse Luftblasen steigen einzeln auf, nach 1 Minute Dyspnoe, 3mal Wasserschlucken, nach 1 Minute 15 Sekunden beginnt

die präterminale Atempause, nach 2 Minuten 5 Sekunden die terminale Atmung, 1 starker und 4 schwächere Atemzüge. Tod nach 2 Minuten 35 Sekunden.

Lungengewicht 18,358 g. Lungenvolumen 9,148 ccm. Lungen wenig gebläht, im Magen und oberen Dünndarm wenig Flüssigkeit.

22. 1332 g, weiblich. Wassertemperatur 20,5° C.

Das Tier taucht 2mal auf, nach $^1/_4$ Minute steigen zahlreiche, grosse Luftblasen empor. Nach 1 Minute wird der Mund weit aufgerissen, Krämpfe, feiner Schaum, nach 1 Minute 35 Sekunden wird das Rückenmark in der Atempause durchschnitten, doch ist die Herztätigkeit noch bei der Sektion schwach vorhanden.

Lungengewicht 18,176 g. Lungenvolumen 8,998 ccm. Lungen wenig blutreich, im Magen etwas, im oberen Dünndarm reichlich Flüssigkeit.

23. 1457 g, männlich. Wassertemperatur 37,5° C.

Das Tier taucht einmal empor. Nach 35 Sekunden Dyspnoe, nach 1 Minute wird das Maul 4mal weit aufgerissen, nach $1^1/_4$ Minuten beginnt die terminale Atmung, 5 starke und 2 schwache Atemzüge, nach 2 Minuten Tod.

Lungengewicht 30,260 g. Lungenvolumen 24,468 ccm. Lungen sehr stark gebläht, äusserst anämisch, völlig weiss, von der Schnittfläche fliesst sehr reichlich Flüssigkeit. Im Magen wenig, im oberen Dünndarm ziemlich reichlich Flüssigkeit. Blase ganz leer.

24. 1518 g, männlich. Wassertemperatur 37° C.

Das Tier taucht einmal empor, nach 45 Sekunden steigt feiner Schaum auf, nach 50 Sekunden Krämpfe, nach 65 Sekunden in der Atempause wird das Rückenmark durchtrennt.

Lungengewicht 20,928 g. Lungenvolumen 28,715 ccm. Lungen etwas gebläht, sehr stark anämisch, von der Schnittfläche fliesst reichlich Flüssigkeit. Im Magen wenig, im oberen Dünndarm ziemlich viel Flüssigkeit. Blase ganz leer.

25. 1466 g, männlich. Wassertemperatur 31° C.

Das Tier taucht beim Einsetzen 2mal auf. Nach $^3/_4$ Minuten sehr reichlich feiner Schaum aufsteigend, nach 50 Sekunden Krämpfe, nach 1 Minute 10 Sekunden Beginn der terminalen Atembewegungen, 10 starke und 2 schwache Atemzüge. Nach 2 Minuten 15 Sekunden Tod.

Lungengewicht 39,612 g. Lungenvolumen 25,843 ccm. Lungen sehr gross, von mässigem Blutgehalt, deutlich gebläht. Im Magen und oberen Dünndarm ziemlich reichlich Flüssigkeit. Blase ganz leer.

26. 1248 g, männlich. Wassertemperatur 31° C.

Das Tier taucht 4mal auf, nach 25 Sekunden steigt feiner Schaum reichlich auf, Krämpfe, nach $1^1/_2$ Minuten in der präterminalen Atempause wird das Rückenmark durchtrennt.

Lungengewicht 15,770 g. Lungenvolumen 20,669 ccm. Lungen wenig gebläht, sehen ziemlich weiss aus, etwas kleiner als gewöhnlich. Im Magen und oberen Dünndarm etwas Flüssigkeit. Blase fast leer.

27. 1833 g, weiblich, Wassertemperatur 26,5° C.

Das Tier taucht mehrfach hoch, nach $1^1/_4$ Minuten steigt feiner Schaum auf, nach $1^1/_2$ Minuten Krämpfe, nach 1 Minute 38 Sekunden Beginn der terminalen Atmung, 12 starke und 3 schwache Atemzüge, Tod nach $3^1/_4$ Minuten.

Lungengewicht 43,572 g. Lungenvolumen 31,676 ccm. Lungen deutlich gebläht, anämisch, ziemlich gross, von der Schnittfläche läuft reichlich Flüssigkeit. Im Magen und oberen Dünndarm sehr wenig Flüssigkeit. Blase wenig gefüllt.

28. 1989 g, weiblich, Wassertemperatur 26,5° C.

Das Tier taucht nicht auf, Luftblasen, dann feiner Schaum aufsteigend, Krämpfe. Nach 1 Minute 40 Sekunden in der Atempause wird es herausgenommen und das Rückenmark durchschnitten.

Lungengewicht 22,414 g. Lungenvolumen 20,373 ccm. Lungen etwas gebläht, ziemlich blutreich, von der Schnittfläche läuft etwas Flüssigkeit. Im Magen und oberen Dünndarm äusserst reichlich Flüssigkeit, Blase wenig gefüllt.

Tabelle der Lungengewichte der Kaninchen 1—28.

a) nach der terminalen Atmung herausgenommen		b) vor der terminalen Atmung herausgenommen	
I.		I.	
absolut	pro kg Tier	absolut	pro kg Tier
1. 22,907 g	14,74 g	2. 14,593 g	8,98 g
3. 23,068 g	14,73 g	4. 14,495 g	7,47 g
5. 17,102 g	12,81 g	6. 12,824 g	9,75 g
7. 14,844 g	10,93 g	8. 11,092 g	8,19 g
9. 21,367 g	11,89 g	10. 16,277 g	9,71 g
11. 12,450 g	8,24 g	12. 12,376 g	6,89 g
13. 26,716 g(?)	15,09 g(?)	14. 26,819 g(?)	13,83 g(?)
II.		II.	
15. 18,440 g	14,32 g	16. 12,130 g	9,46 g
17 17,145 g	14,88 g	18. 16,486 g	14,46 g
19. 17,085 g	15,36 g	20. 12,251 g	11,29 g
21. 18,358 g	15,39 g	22. 18,176 g	13,65 g
23. 30,260 g	20,77 g	24. 20,928 g	13,79 g
25. 39,612 g	27,00 g	26. 15,770 g	12,63 g
27. 43,572 g	23,77 g	28. 22,414 g	11,27 g

Wie nun die angeführten Kaninchenversuche zeigen, besteht in der ersten Versuchsreihe (Nr. 1—14) zwar stets in den entsprechenden Parallelversuchen ein Unterschied des Gewichts der Lungen, so dass das Lungengewicht der nach den terminalen Atembewegungen der Ertränkungsflüssigkeit entnommenen Tiere (ungerade Nummern) absolut schwerer ist als das der vorher entnommenen Tiere (gerade Nummern). Dieser Unterschied bleibt auch bestehen, wenn das Lungengewicht prozentual pro kg Tiergewicht berechnet wird und ist sogar in den Parallelversuchen 1—2, 3—4 beträchtlich. In den übrigen Versuchen ist zwar ein Unterschied immer zu konstatieren, indes nur 2—3 g pro kg Körpergewicht betragend. In den Versuchen 11—12

scheint der Unterschied sogar nur ein zufälliger, da das Lungengewicht von 8,24 g pro kg Tier mehrfach von dem der vor den terminalen Atembewegungen herausgenommenen Kaninchen übertroffen wird.

Aehnlich verhalten sich die Versuche der zweiten Versuchsreihe (Nr. 15—28). Auch hier ist stets ein Unterschied zwischen den Lungengewichten der Versuchstiere jedes Parallelversuchs zu Gunsten des nach der terminalen Atmung herausgenommenen Tieres, mehrere Gramm betragend, wobei der Unterschied auch bei der Berechnung der Lungengewichte auf das kg Tiergewicht bestehen bleibt. Nur im Versuch 18 ist die Differenz des Lungengewichts gegen Versuch 17 äusserst gering. Vielleicht kann zur Erklärung die Hyperämie der Lungen des Versuchstieres 18 herangezogen werden. Während bei den mittelgrossen Tieren 15—22 der Unterschied, wenn auch deutlich, so doch immerhin nicht sehr beträchtlich war, erhielten wir bei den Parallelversuchen 23—24 und 25—26, die bei einer Wassertemperatur von über 30° vorgenommen waren, beträchtlichere Differenzen des Lungengewichts. In den Versuchen 25—26 beträgt das Lungengewicht des nach der terminalen Atmung herausgenommenen Tieres mehr als das zweifache pro kg Körpergewicht als das Lungengewicht des vor der terminalen Atmung herausgenommenen Tieres, woraus also auf eine starke Wasseraufnahme während der terminalen Atmung geschlossen werden muss. Auch bei den beiden grossen Versuchstieren 27—28 ist der Unterschied beträchtlich. Es fällt beim Betrachten der Tabelle noch besonders auf, dass das Lungengewicht fast bei allen Tieren der zweiten Versuchsreihe (15—28) wesentlich höher ist als bei den Tieren der ersten Versuchsreihe (1—12). Als Grund hierfür kann nur eine bei dem schnell erfolgenden Tode der Tiere 15—28 geringere Wasserresorption aus den Lungen in Betracht kommen oder aber ein vermehrtes Eindringen von Wasser in die Luftwege der versenkten Tiere gegenüber den frei ertrunkenen Tieren 1—12.

Es war nun, um die genaue Differenz der einzelnen Lungengewichte zu bestimmen, zunächst erforderlich, das Durchschnittsgewicht einer normalen Kaninchenlunge zu ermitteln. Dies ist, wie schon oben erwähnt, bereits von mehreren Untersuchern geschehen. Krause gibt an, beim Kaninchen betrage das Gewicht der rechten Lunge 6,4 g, der linken 4,0 g. Diese Angabe ist schon deshalb unzuverlässig, weil das Lungengewicht, vor allem entsprechend der Grösse der Tiere, erheblichen Schwankungen unterworfen ist. Seydel bestimmte es in 2 Fällen, und zwar fand er bei einem ca. 2000 g schweren, durch

Nackenschlag getöteten Kaninchen $^1/_2$ Stunde nach dem Tode 9,25 g Lungengewicht, also 4,62 g pro kg Körpergewicht. Das zweite von ihm angegebene Gewicht ist etwas höher, aber durch das Eindringen von Blut in die Lunge ungenau. Margulies fand bei 3 durch Nackenschlag getöteten Kaninchen im Mittel ein Lungengewicht von 5,978 g pro kg Körpergewicht und legte dieses seinen Berechnungen zu Grunde. Wachholz fand bei einem durch Erdrosselung getöteten Kaninchen ein noch höheres Gewicht (8,9 g pro kg), das zur Berechnung des Gewichts von Ertränkungslungen, die meist nur geringe Blutmengen in den Lungengefässen enthalten, aus den früher angeführten Gründen nicht benutzt werden kann.

Im Folgenden sei nun der Befund bei einer Reihe von Versuchen beschrieben, die ausschliesslich zur Ermittelung eines genaueren Wertes für das Durchschnittsgewicht normaler Kaninchenlungen dienen sollten. Im allgemeinen wurde diejenige Todesart gewählt, die einmal wegen ihrer Schnelligkeit den Vorzug verdiente, ausserdem aber auch bereits in den Versuchen der ersten und zweiten Versuchsreihe zur sofortigen Unterdrückung der Atmungs- und Herztätigkeit in Anwendung gekommen war, d. i. die Durchschneidung der Medulla. Diese Todesart hat sicher ihre grossen Vorzüge, denn die Kaninchen wurden stets damit überrascht, leisteten mithin niemals Widerstand und es ist daher zu erwarten, dass die Blutverteilung und insbesondere die Blutfüllung der Lungen hierbei dem Zustand beim normalen lebenden Tier entspricht. Allerdings geht stets durch das Durchschneiden der Arteriae vertebrales eine gewisse Menge Blut verloren. Ich glaube aber trotzdem nicht annehmen zu sollen, dass hierdurch ein nennenswerter Unterschied in der Blutfüllung der Lungen hervorgerufen wird. Hierzu berechtigen besonders die Befunde der Lungengewichte bei 5 Tieren, die ich, wie auch die oben genannten Untersucher, durch Nackenschlag tötete. Diese Lungengewichte ergaben nämlich fast den gleichen Durchschnitt wie die der mittels Durchschneidung der Medulla getöteten Tiere. Das Lungenvolumen wurde wie bei den Versuchen der ersten und zweiten Versuchsreihe gleichfalls bestimmt.

Versuche zur Bestimmung des Durchschnittsgewichts normaler Kaninchenlungen.

1. 2038 g, männlich. Das Kaninchen wird durch Stich in den Nacken getötet, blutet aus den Arteriae vertebrales.

Lungengewicht 8,471 g; Lungenvolumen 8,478 ccm; Lungen kollabiert, von mittlerem Blutgehalt.

2. 1345 g, weiblich. Getötet wie 1.
Lungengewicht 4,553 g; Lungenvolumen 9,243 ccm; Lungen blassrot.

3. 1425 g, weiblich. Das Rückenmark wird durchschnitten.
Lungengewicht 5,135 g; Lungenvolumen 6,459 ccm; Lungen blassrot.

4. 1379 g, weiblich. Todesart wie 3.
Lungengewicht 5,156 g; Lungenvolumen 13,146 ccm; Lungen blassrot.

5. 1194 g, weiblich. Todesart wie 3.
Lungengewicht 4,153 g; Lungenvolumen 10,103 ccm; Lungen blassrot.

6. 1444 g, männlich. Todesart wie 3.
Lungengewicht 4,414 g; Lungenvolumen 6,018 ccm; Lungen blassrot.

7. 1890 g, männlich. Todesart wie 3.
Lungengewicht 6,888 g; Lungenvolumen 14,829 ccm; Lungen blassrot.

8. 1550 g, weiblich. Todesart wie 3.
Lungengewicht 6,813 g; Lungenvolumen 16,156 ccm; Lungen rot und ziemlich blutreich.

9. 1464 g, männlich. Todesart wie 3.
Lungengewicht 5,298 g; Lungenvolumen 11,552 ccm; Lungen etwas weniger rot als 8.

10. 1169 g, männlich. Todesart wie 3.
Lungengewicht 4,609 g; Lungenvolumen 11,466 ccm; Lungen ziemlich blass.

11. 1182 g, weiblich. Todesart wie 3.
Lungengewicht 5,006 g; Lungenvolumen 3,992 ccm; Lungen blassrot.

12. 1684 g, männlich. Todesart wie 3.
Lungengewicht 5,240 g; Lungenvolumen 12,371 ccm; Lungen blassrot.

13. 1230 g, weiblich. Todesart wie 3.
Lungengewicht 4,242 g; Lungenvolumen 7,233 ccm; Lungen hellrot.

14. 2747 g, männlich. Das Tier wird durch Nackenschlag getötet.
Lungengewicht 9,634 g; Lungenvolumen 16,465 ccm; Lungen blassrot, beim Zerschneiden nur in Spuren Blut austretend.

15. 1650 g, weiblich. Tier durch Nackenschlag getötet, blutete etwas aus dem Maul.
Lungengewicht 7,196 g; Lungenvolumen 22,567 ccm; Lungen rot, wenig kollabiert, in der Luftröhre etwas Blut.

16. 2025 g, weiblich. Getötet wie 15, blutete nicht.
Lungengewicht 7,297 g; Lungenvolumen 16,683; Lungen mehr kollabiert als vorige, rosa.

17. 1117 g, männlich. Getötet wie 15, starkes Hämatom am Nacken.
Lungengewicht 4,194 g; Lungenvolumen 7,950 ccm; Lungen blassrot.

18. 1257 g, weiblich. Getötet wie 15.
Lungengewicht 4,313 g; Lungenvolumen 10,380 ccm; Lungen ziemlich blutreich.

Ferner wurde noch ein Kaninchen von 1387 g, männlich, getötet wie 15. Es blutete aus dem Maul und etwas Blut lief in die Luftröhre und Lunge. Lungen-

gewicht 5,313 g; Lungenvolumen 21,054 ccm. In der Lunge findet sich links unten ein grösserer Herd von aspiriertem Blut.

Anmerkung: Die 4 letzten Bestimmungen (15—18) von Lungengewichten wurden zu dem Zweck unternommen, um zu zeigen, dass das Durchschnittslungengewicht der durch Nackenschlag getöteten Tiere sich von dem der mittels Durchschneidung der Medulla getöteten nicht unterscheidet. Die Durchschnitte des Lungengewichts, des Trockengewichts und der veraschten Trockensubstanz der Lungen wurden aus den Versuchen 1—14 berechnet.

Nachdem so das Lungendurchschnittsgewicht bestimmt und gleich 3,662 g pro kg Kaninchengewicht gefunden worden war, war es möglich nunmehr die Lungengewichte der in den Versuchen der 1. und 2. Reihe ertränkten Tiere aus ihrem Körpergewicht annähernd zu berechnen. Indessen stand hierzu auch noch ein anderer Weg offen. Es wurde nämlich a priori angenommen, dass das Lungengewicht jedes einzelnen Individiuums in einem gewissen Verhältnis zu demjenigen Gewicht der Lungen stände, das man durch Austrocknen der Lungen bis zur Gewichtskonstanz erhalten musste; wir wollen es das „Trockengewicht der Lungen“ nennen. War dieses Verhältnis ein konstantes, so war es möglich aus den Trockengewichten der Lungen bei den Ertrinkungsversuchen der 1. und 2. Versuchsreihe rückschliessend das Lungengewicht in jedem einzelnen Falle zu berechnen. Denn da zu den Ertränkungsversuchen keine Lösungen sondern Wasser benutzt wurde, so kam als Fehlerquelle nur der Gehalt des Wassers an festen Bestandteilen in Betracht. Der Abdampfrückstand war für das Institutsleitungswasser 42 mg pro 100 cbm, sodass also nur kleine Ungenauigkeiten durch die rückschliessende Berechnung veranlasst werden konnten, zumal, wie sich noch zeigen wird, stets viel kleinere Wassermengen als 100 g mit also nur wenigen Milligramm fester Bestandteile in Betracht kamen. Es wurde zur Bestimmung des Trockengewicht so verfahren, dass nach Feststellung des Lungengewichts und Lungenvolumens die Lungen in kleine Stücke auf einer Petrischale zerschnitten und in dieser im Trockenschrank bei einer Temperatur von durchschnittlich 95° C bis zur Gewichtskonstanz auf 3 Dezimalstellen getrocknet wurden. Dieses Trocknen wurde in einigen Fällen bis zu 8 Tagen fortgesetzt, meist genügten 3—4 Tage. Hierbei wurde täglich unter den für analytische Wägungen üblichen Vorsichtsmassregeln das Gewicht der Trockensubstanz festgestellt. Die Gewichte der Trockensubstanz der zur Bestimmung eines Durchschnittsgewichts normaler Kaninchenlungen unternommenen Versuche 1—18 sind folgende:

			Gewicht der Trockensubstanz absolut	pro kg Tier
1.	2038 g	männlich	1,656 g	0,81 g
2.	1345 g	weiblich	0,861 g	0,64 g
3.	1425 g	„	0,908 g	0,64 g
4.	1379 g	„	0,965 g	0,70 g
5.	1194 g	„	0,772 g	0,65 g
6.	1444 g	männlich	0,915 g	0,63 g
7.	1890 g	„	1,241 g	0,66 g
8.	1550 g	weiblich	1,403 g	0,91 g
9.	1464 g	männlich	0,970 g	0,66 g
10.	1169 g	„	0,865 g	0,74 g
11.	1182 g	weiblich	0,932 g	0,79 g
12.	1684 g	männlich	1,066 g	0,63 g
13.	1230 g	weiblich	0,827 g	0,67 g
14.	2747 g	männlich	2,090 g	0,76 g
15.	1650 g	weiblich	1,352 g	0,80 g
16.	2025 g	„	1,609 g	0,79 g
17.	1117 g	männlich	0,775 g	0,69 g
18.	1257 g	weiblich	0,893 g	0,71 g

Das Durchschnittstrockengewicht der Lungen pro kg Kaninchengewicht beträgt 712 mg. Aus diesen Versuchen ergibt sich nun, dass das Lungengewicht der einzelnen Tiere durchschnittlich 5,17 mal so gross ist als Trockengewicht.

Multipliziert man also das Trockengewicht der Lungen in den Ertrinkungsversuchen 1—28 mit 5,17, so erhält man das Lungengewicht der betreffenden Tiere ohne Zweifel genauer als nach der allgemeinen, pro kg Körpergewicht berechnenden Methode, da wir ja in jedem Falle von der einzelnen Lunge selbst und nicht von dem Gewicht des Tierkörpers ausgehen. Zieht man das so erhaltene Lungengewicht ab von dem sofort nach der Sektion gewonnenen Gewicht der frischen Lungen, in denen natürlich das während des Ertrinkungsvorgangs eingedrungene Wasser noch mit enthalten ist, so erhält man die in jedem einzelnen Falle in die Lungen eingedrungene Flüssigkeitsmenge. Es lässt sich so quantitativ genauer bestimmen, wie gross die Menge der während des Stadiums der Dyspnoe eingedrungenen Flüssigkeit bei denjenigen Tieren ist, die noch vor der terminalen Atmung aus dem Wasser herausgenommen wurden (gerade Nummern). Bei denjenigen Tieren, die erst nach Beendigung der

terminalen Atmung dem Wasser entnommen wurden, ergibt sich die Gesamtmenge der eingedrungenen Ertränkungsflüssigkeit. Da aber, wie schon oben erwähnt, stets möglichst gleichartige Tiere unter den gleichen Versuchsbedingungen zu den Parallelversuchen genommen wurden, so ergibt sich aus der Vergleichung der Parallelversuche, wie gross die während der terminalen Atmung eingedrungene Wassermenge in jedem Falle ungefähr ist.

Tabelle der bei den Versuchstieren 1—28 eingedrungenen Wassermengen.

Berechnet aus a) dem Körpergewicht (Lungengewicht = 3,662 g pro kg Kaninchen), b) dem Trockengewicht der Lungen.

I. Frei ertrunkene Tiere.

a	b	a	b
1. 17,216 g	14,635 g	2. 8,641 g	6,781 g
3. 17,333 g	16,978 g	4. 7,394 g	5,386 g
5. 12,213 g	12,428 g	6. 8,008 g	6,512 g
7. 9,871 g	7,192 g	8. 6,137 g	4,506 g
9. 14,786 g	11,182 g	10. 10,136 g	8,615 g
11. 6,917 g	6,474 g	12. 5,786 g	4,461 g
13. 20,234 g(?)	14,287 g(?)	14. 19,718 g(?)	18,092 g(?)

II. Belastete Tiere.

15. 13,723 g	12,918 g	16. 7,435 g	6,484 g
17. 12,926 g	12,709 g	18. 12,311 g	9,667 g
19. 13,013 g	11,796 g	20. 8,278 g	7,526 g
21. 13,989 g	11,813 g	22. 13,298 g	11,124 g
23. 24,924 g	22,996 g	24. 15,369 g	14,264 g
25. 34,244 g	30,994 g	26. 11,200 g	10,373 g
27. 36,860 g	33,692 g	28. 15,130 g	13,232 g

Berechnet pro kg Tier aus dem Trockengewicht der Lungen.

I.		II.	
1. 9,4 g	2. 4,2 g	15. 10,0 g	16. 5,1 g
3. 10,8 g	4. 2,8 g	17. 11,0 g	18. 8,5 g
5. 9,3 g	6. 4,9 g	19. 10,6 g	20. 6,9 g
7. 5,3 g	8. 3,3 g	21. 9,9 g	22. 8,4 g
9. 6,2 g	10. 5,1 g	23. 15,8 g	24. 9,4 g
11. 4,3 g	12. 2,5 g	25. 21,1 g	26. 8,3 g
13. 8,1 g(?)	14. 9,3 g(?)	27. 18,4 g	28. 6,6 g

Die ungraden Nummern ergeben den Wassergehalt der nach, die graden den der vor der terminalen Atmung herausgenommenen Tiere.

Versuchsweise wurde auch noch folgendes Verfahren eingeschlagen: Es wurde durch Veraschung der Trockensubstanzen der Versuche 1—18 zur Bestimmung eines Durchschnittsgewichts normaler Kaninchenlungen

zunächst bestimmt, ob ein und welches Verhältnis bestände zwischen dem Lungengewicht und dem Gewicht der veraschten Trockensubstanz. Natürlich sind hierbei schon wegen der geringen Gewichte der veraschten Trockensubstanzen, aber auch aus anderen Gründen die Fehlerquellen wesentlich grösser als bei der vorher genannten Methode der Lungengewichtsberechnung. Es wurde daher auch von einer auf den veraschten Trockensubstanzen basierten Berechnung des Lungengewichts abgesehen, diese vielmehr nur zur Vergleichung mit der oben genannten anderen Methode ausgeführt. Es fand sich in den Versuchen 1—14 zur Bestimmung eines Durchschnittslungengewichts, dass pro kg Tier 47,6 mg Asche auf die Lunge entfielen. Die Veraschung der Trockensubstanzen der Lungen bei den Ertrinkungsversuchen 1—28 ergab schon aus dem oben angeführten Grunde (Gehalt der Ertränkungsflüssigkeit an festen Substanzen) eine höhere Durchschnittszahl nämlich in der 1. Reihe 72,7 mg, in der 2. Reihe 80,5 mg veraschte Trockensubstanz der Lungen pro kg Kaninchengewicht. Es scheint also auch nach dem grösseren Gehalt an Asche, als ob in den Versuchen der 2. Versuchsreihe (15—28) im allgemeinen mehr Wasser aspiriert worden sei als in den Versuchen der 1. Versuchsreihe (1—12), abgesehen von der Resorption.

Aus der Tabelle des Wassergehalts der Lungen bei den Versuchen 1—28 ergibt sich nun, ähnlich wie es bereits bezüglich der verschiedenen Gewichte der einzelnen Tiere festgestellt ist, dass auch der Wassergehalt der Lungen bei den Tieren jedes Parallelversuchs Unterschiede zeigt. Und zwar zeigen in der 1. Versuchsreihe (unbelastete Tiere 1—12) bei allen Parallelversuchen die nach der terminalen Atmung herausgenommenen Tiere (ungrade Nummern) absolut und relativ einen höheren Wassergehalt als die vor Beginn der terminalen Atmung herausgenommenen (grade Nummern). Nur in den Versuchen 13—14 ist das Verhalten umgekehrt. Diese beiden Versuche können jedoch, da das Lungengewicht durch die bei beiden Tieren nach mehr als 5 stündigem Aufenthalt im Wasser entstandene Pneumonie beider Lungen hochgradig verändert war, zu Rückschlüssen auf den Wassergehalt nicht weiter in Betracht kommen.

Auch in den Versuchen der zweiten Versuchsreihe (belastete Tiere 15—28) ist der Unterschied des Wassergehaltes bei den Tieren jedes Parallelversuchs deutlich, in mehreren Fällen sogar recht beträchtlich. Bei Versuch 21—22 absolut recht gering, relativ etwas grösser. Bei fast sämtlichen Versuchen der zweiten Versuchsreihe aber ist der

Wassergehalt grösser als bei denen der ersten Versuchsreihe. Die mutmasslichen Gründe sind schon erwähnt.

Es kann also aus den 28 Kaninchenversuchen geschlossen werden, dass die in den Lungen vorgefundene Ertränkungsflüssigkeit sowohl während des dyspnoischen Stadiums als auch während der terminalen Atembewegungen in die Lungen eingedrungen ist. Die grössere Quantität der vorgefundenen Ertränkungsflüssigkeit dringt dabei in der Regel während des Stadiums der Dyspnoe ein. Die während der terminalen Atembewegungen eindringende Menge der Ertränkungsflüssigkeit ist aber in vielen Fällen beträchtlich und kann grösser sein als die während der Dyspnoe eingedrungene Menge (abgesehen von der Resorption).

Wovon die Quantität der eindringenden Flüssigkeit abhängt, ist nicht immer klar. Der Einfluss der von Wachholz hierfür angenommenen fünf Faktoren ist bei den Kaninchenversuchen jedenfalls nicht konstant. So scheint zwar ein Einfluss der Grösse der vitalen Lungenkapazität vorhanden zu sein, ebenso der Temperatur der Ertränkungsflüssigkeit, aber doch nicht ausnahmslos. Dass die Respirationsphase (vor dem Untergehen) bei der fast immer gefundenen Atmung von durchschnittlich 70 Atemzügen in der Minute bei Kaninchen nicht von wesentlicher Bedeutung auf den Wassergehalt der Ertrinkungslungen sein kann, ist schon erwähnt. Der Einfluss einer Herabsetzung der Reflexerregbarkeit der oberen Luftwege wurde (wegen der Seltenheit seines Vorkommens) nicht geprüft (Narkose, Bewusstlosigkeit). Aber auch Zahl und Kraft der terminalen Atemzüge beeinflussen nicht regelmässig in dem entsprechenden Verhältnis bei den angeführten Kaninchenversuchen den Wassergehalt der Lungen. Es sind also bestimmte Ursachen für die Mengen der überhaupt in die Lungen eindringenden Ertränkungsflüssigkeit nicht für alle Fälle mit Sicherheit anzugeben. Paltauf allerdings nahm an, dass „durch das Ausbleiben oder die nur schwache Ausbildung der terminalen Atembewegungen wenig Ertränkungsflüssigkeit in die Trachea und die Lungen eindringe“. Er scheint also Zahl und Kraft der terminalen Atembewegungen für die regelmässige Ursache des Vorhandenseins einer grösseren Quantität von Ertränkungsflüssigkeit in den Lungen gehalten zu haben.

Es kommt nun für die Bestimmung der Quantität der überhaupt in die Lungen eindringenden Ertränkungsflüssigkeit als wichtiges Moment noch die Resorption aus den Lungen in Betracht. Ueber Lungenresorption im allgemeinen liegen Untersuchungen vor von Wasbutzky,

Nothnagel und Peiper. Nothnagel fand, dass schon drei bis fünf Minuten nach dem Eindringen von Blut in die Lungen Blutkörperchen im interstitiellen Lungengewebe nachweisbar waren. Wasbutzky und Peiper wiesen von einer Reihe von Stoffen nach, dass sie schnell und intensiv von den Lungen resorbiert werden. Die ersten Anzeichen einer beginnenden Strychninresorption fand Peiper schon nach fünfzehn Sekunden. Auch konnte er mittelgrossen Kaninchen in zwei bis drei Minuten 20—25 ccm körperwarmen Wassers in die Luftröhre infundieren, einem ziemlich grossen Kaninchen in 30 Sekunden sogar 60 ccm, ohne Erstickungssymptome hervorzurufen.

Von der Schnelligkeit der Lungenresorption konnten auch wir uns überzeugen, indem wir bei einem 1070 g schweren weiblichen Kaninchen nach der Tracheotomie 1 ccm einer 10 proz. Cyankaliumlösung in die Luftröhre einbrachten. Der Tod des Tieres erfolgte nach 30 Sekunden. Die Lungen waren klein, beiderseits in grösserer Ausdehnung blutig suffundiert, ziemlich blutreich. In einem zweiten Versuche wurde ebenfalls bei einem 1315 g schweren weiblichen Kaninchen nach der Tracheotomie in die Luftröhre mit der Pipette 1 ccm einer 10 proz. Cyankaliumlösung eingegossen. Der Tod erfolgte bereits nach 22 Sekunden. Auch wurde, um die Resorption überhaupt zu prüfen, einem Kaninchen Wasser von Bluttemperatur in die Trachea eingegossen, wovon der grössere Teil durch die Feststellung des Lungengewichts nach der Sektion als resorbiert nachgewiesen werden konnte.

Ueber die Schnelligkeit der Lungenresorption beim Ertrinken orientiert die Angabe Paltaufs, dass es möglich ist schon nach zwei Minuten langer Dauer des Ertrinkungsvorganges Ertränkungsflüssigkeit in Herz und Aorta nachzuweisen. Ueber die Quantität der hierbei von den Lungen resorbierten Ertränkungsflüssigkeit hat Margulies Untersuchungen angestellt. Zu ihrer Bestimmung unternahm er fünf Versuche an Hunden und Katzen nach der Brouardelschen Versuchsanordnung. Er versenkte aber hierbei die Tiere ins Wasser und achtete darauf, dass der Druck des Wassers im Behälter den der über dem Tier befindlichen Wassersäule nicht überstieg. Er erhielt bei vier Versuchen eine ziemlich geringe Resorption (5,2—7,1 ccm pro Kilogramm Körpergewicht), was ihn natürlich in seiner Annahme, dass die Ertränkungsflüssigkeit zum grössten Teil während der terminalen Atmung erst eindringe, bestärkte. Bei dem fünften Tier, das er nicht ins Wasser versenkte, erhielt er eine viel beträchtlichere Resorption (25,2 ccm pro kg) und schrieb dies dem Umstand zu, dass dieses

Tier frei an der Luft mittels der Trachealkanüle ertränkt sei. Aus der von Wachholz ermittelten Blutverdünnung ist dagegen auf eine weit stärkere Resorption der Ertränkungsflüssigkeit durch die Lunge auch am untergetauchten Tier zu schliessen als Margulies annahm, denn Wachholz fand, dass die bei Untersuchung der Blutverdünnung erhaltenen kryoskopischen Werte dieselben waren bei Tieren, die mit ganzem Körper ins Wasser untergetaucht waren, wie bei solchen, die frei an der Luft mittels der Trachealkanüle ertränkt waren.

Um die von Margulies für die Lungenresorption beim Ertrinken gefundenen Werte nachzuprüfen, wurde eine Reihe von 8 Versuchen an Kaninchen unternommen. Hierbei wurde bei sämtlichen Versuchen gemäss der Margulies'schen Forderung das Tier völlig ins Wasser versenkt und dort ertrinken gelassen. Die Versuchsanordnung war folgende: Dem tracheotomierten Tier wurde eine Doppelkanüle eingebunden mit zwei Schläuchen, von denen einer dem untergetauchten Tier zur Atmung diente, während der andere in ein mit Wasser oder einer Lösung gefülltes Gefäss mündete. Dieser letzte Schlauch war bis zu Beginn des Versuchs mit einer Klemme abgeschlossen. Die Ertränkungsflüssigkeit war also nicht das Wasser, in dem das Tier schwamm, sondern mittels der Versuchsanordnung wurde Wasser, Methylenblaulösung und Ferrocyankaliumlösung, der Menge nach bekannt, in die Luftröhre eingeleitet. Es fand sich bei den Versuchen der typische Ertränkungsvorgang. Sofort nach dem Tod des Kaninchens wurde die nicht in die Lunge eingedrungene, noch in dem Gefäss- und Schlauchsystem vorhandene Ertränkungsflüssigkeit quantitativ genau bestimmt. Dabei wurde in dem Schlauch stets mehr oder weniger Schaum vorgefunden, der durch Aetherzusatz beseitigt und so auch gemessen werden konnte. Nunmehr war die Menge der fehlenden Ertränkungsflüssigkeit bekannt, sie musste natürlich in die Lungen gelangt sein. Aus dem sofort nach der Sektion ermittelten Gewicht der Ertrinkungslungen lässt sich nun nach Abzug des Eigengewichts der Lungen die Menge der dort vorhandenen Ertränkungsflüssigkeit bestimmen, sodass also die Differenz dieser und der überhaupt fehlenden Ertränkungsflüssigkeit die Menge der von den Lungen resorbierten Ertränkungsflüssigkeit ergibt. Das Lungengewicht wurde, weil es sich hier ausser in den ersten zwei Versuchen um Ertrinken in Salzlösungen handelte, aus dem Körpergewicht der Tiere berechnet und zwar, wie oben erwähnt, 3,662 g Lungengewicht pro kg Körpergewicht. Die Menge der in den einzelnen Fällen resorbierten Er-

tränkungsflüssigkeit ergibt dann die auf die Beschreibung der Resorptionsversuche folgende Aufstellung.

Versuche zur Bestimmung der von den Lungen resorbierten Flüssigkeitsmenge.

1. Kaninchen von 1253 g, weiblich, Wassertemperatur $16^1/_4{}^0$ C. Es fehlen 17 ccm des eingeleiteten Wassers.

Lungengewicht 9,262 g, Lungenvolumen 33,827 ccm.

2. 1404 g, weiblich, Wassertemperatur 16,5 ° C. Es fehlen 36 ccm des eingeleiteten Wassers. Nach 1 Minute Beginn der terminalen Atmung. 8 starke, 11 schwache Atemzüge. Tod nach $3^1/_2$ Minuten.

Lungengewicht 13,925 g, Lungenvolumen 34,663 ccm.

3. 1230 g, männlich, Wassertemperatur 15 °. Es fehlen 46 ccm der eingeleiteten Methylenblaulösung. 35 Sekunden nach dem Einlaufen der Lösung Krämpfe, nach 50 Sekunden Beginn der terminalen Atmung. 5 starke und 5 schwache Atemzüge. Tod nach 2 Minuten 45 Sekunden.

Lungengewicht 25,417 g, Lungenvolumen 21,797 ccm.

4. 2510 g, männlich, Wassertemperatur 15° C. Es fehlen 35,5 ccm der eingeleiteten 10proz. Ferrocyankaliumlösung, 40,825 g wiegend. 1 Minute nach dem Eindringen der Lösung Krämpfe, $^1/_2$ Minute dauernd. Nach 3 Minuten beginnt die terminale Atmung. 3 starke, 5 schwache Atemzüge.

Lungengewicht 49,025 g, Lungenvolumen 40,564 ccm.

Intensive Berliner Blau-Reaktion im linken Herzblut (verdünnt zu hellrosaroter Lösung). Im rechten Herzblut (in gleicher Weise verdünnt), in Leber-, Gehirn-, Nieren-, Milz-Emulsion keine Reaktion nachweisbar. Im filtrierten Harn deutlich hellblaue Färbung, kolorimetrisch nach einer Skala mindestens 1 : 500000. Das benutzte Eisenchlorid ist 3 proz. Die Erkennung der Berliner Blau-Reaktion ist durch den Blutgehalt der Organe sehr erschwert.

5. 1272 g, weiblich, Wassertemperatur 27° C. Es fehlen 37 ccm der eingeleiteten 1 proz. Ferrocyankaliumlösung. $1^1/_2$ Minute nach dem Oeffnen der Klemme und der Aspiration der Lösung Krämpfe, nach 2 Minuten Beginn der terminalen Atmung. 7 stärkere, 3 schwächere Atemzüge. Tod nach 3 Minuten.

Lungengewicht 21,759 g, Lungenvolumen 31,303 ccm.

Im linken Herz tintenfarbige, im Pleurablut schwache, im Leberblut und Urin zweifelhafte, im rechten Herz, Gehirn, Niere keine Reaktion. In der Milz mikrochemische Spuren von Berliner Blau nachweisbar.

6. 1055 g, weiblich, Wassertemperatur 26° C. Es fehlen 39 ccm der eingeleiteten 1 prom. Ferrocyankaliumlösung. Das Tier wird unter Wasser getaucht gehalten. Nach einer Minute beginnt die terminale Atmung nach vorherigem ganz kurzem Krampfstadium, 6 starke und 2 schwache Atemzüge. Tod nach $1^3/_4$ Min.

Lungengewicht 18,626 g, Lungenvolumen 8,652 ccm.

Im linken Herzen geringe Berliner Blau-Reaktion. Im rechten Herzen, Leber, Nieren, Milz, Gehirn keine Reaktion, auch nicht mikrochemisch. Urin deutlich grüngefärbt.

7. 2145 g, männlich, Wassertemperatur 20° C. Es fehlen 44 ccm der eingeleiteten 1 prom. Lösung. 2 Minuten nach dem Oeffnen der Klemme Krämpfe, nach 3 Minuten Beginn der terminalen Atmung. 4 starke, 3 schwache Atemzüge. Tod nach $3^1/_2$ Minuten.

Lungengewicht 20,213 g, Lungenvolumen 26,150 ccm.

Im linken Herzen undeutliche Reaktion. Im rechten Herzen, Niere, Milz, Leber, Harn keine Reaktion. Lungen anämisch.

8. 2200 g, weiblich, Wassertemperatur 20°. Es fehlen 45 ccm der eingeleiteten 1 prom. Lösung. 1 Minute nach dem Oeffnen der Klemme Dyspnoe. Nach $1^1/_2$ Minuten beginnt die terminale Atmung. 6 starke, 2 schwächere Atemzüge. Tod nach 2 Minuten.

Lungengewicht 40,127 g, Lungenvolumen 9,244 ccm.

Weder im linken Herzen, noch sonst wo Berliner-Blau-Reaktion. Lungen sehr blutreich.

	Gewicht	Lungengewicht	Flüssigkeitsgehalt in g	Resorbiert sind: in g	pro kg
1.	1253	4,588	4,674	12,3	9,9
2.	1404	5,141	8,784	27,2	19,4
3.	1230	4,504	20,913	25,1	20,4
4.	2510	9,192	39,833	(1	0,4)
5.	1272	4,658	17,101	19,9	15,6
6.	1055	3,863	14,763	24,2	23,0
7.	2145	7,855	12,358	31,6	14,7
8.	2290	8,056	32,071	13,0	5,9

Aus diesen 8 Versuchen ergibt sich, dass die Resorption pro Kilogramm Kaninchengewicht in 7 Versuchen zwischen 5,9 und 23 g beträgt, zumeist ziemlich beträchtlich ist, im Durchschnitt pro Kilogramm Körpergewicht 15,56 g Flüssigkeit. Das sind wesentlich höhere Werte, als sie von Margulies auf Grund von 4 Versuchen an Katzen und Hunden gefunden worden sind. Zu erklären würde noch der Befund bei Versuchstier 4 sein. Hier kann nur eine kleine Menge Flüssigkeit ins Blut übergetreten sein, wo sie ja tatsächlich nachgewiesen worden ist. Schuld an der geringen Resorption ist wohl die zu starke Konzentration der angewandten Lösung (10 pCt.), welche in den Lungen anatomische Veränderungen gesetzt haben mag und die Resorptionsverhältnisse dadurch von Grund auf änderte. Konzentriertere Lösungen sind, wie wir auch mit anderen Stoffen in Erfahrung brachten, zu Resorptionsversuchen wenig geeignet. Die in 7 Versuchen gefundenen beträchtlichen Mengen resorbierter Flüssigkeit entsprechen den von Wachholz nachgewiesenen starken Unterschieden der Gefrierpunktserniedrigung des Blutes, die er vor und nach dem Ertrinken bei seinen Versuchstieren bestimmte und auch in zwei

späteren, nach der Methode von Margulies unternommenen Kaninchenversuchen nochmals nachwies. Es kann daher über eine starke Resorption der Ertränkungsflüssigkeit aus den Lungen beim Ertrinkungsvorgang ein Zweifel wohl nicht mehr bestehen. Diese resorbierten Mengen kommen aber fast ganz auf das Konto der während des dyspnoischen Stadiums (und noch früher) eingedrungenen Ertränkungsflüssigkeit, müssen also dieser hinzugerechnet werden, so dass dadurch die ohnedies schon beträchtlichere Menge der während dieses Stadiums eingedrungenen Flüssigkeit in ihrer Bedeutung für den Ertrinkungsverlauf noch vergrössert wird.

Es fragt sich nun, wie es kommt, dass in den zitierten Arbeiten grade inbezug auf den Zeitpunkt des Eindringens von Ertränkungsflüssigkeit in die Luftwege eine Uebereinstimmung seither noch nicht erzielt worden ist. Margulies nnd Wachholz haben besonders Versuchsfehler dafür angenommen. A. Paltauf erklärt die Widersprüche der Autoren aus der Verschiedenheit der das Eindringen von Ertränkungsflüssigkeit begünstigenden und verhindernden Faktoren und darauf muss noch besonders hingewiesen werden. Es scheint nämlich, als ob der Ertrinkungsvorgang, besonders bei den verschiedenen Tierarten, nicht immer der gleiche sei. Auffällig ist, dass von Hofmann in seinem Lehrbuch, entgegen der Beschreibung des Ertrinkungsvorgangs bei anderen Autoren, die präterminale Atempause nicht erwähnt. Auch bei unseren Versuchen fehlt sie in 3 Fällen (Versuch 10, 16, 27), während Wachholz sie anscheinend nie vermisst hat. Auch Ertrinkungsversuche, die von uns mit weissen Mäusen zu Vergleichszwecken unternommen wurden, liessen die Atempause nicht erkennen. Die Dauer des Ertrinkungsvorgangs war bei den beschriebenen Versuchen stets kürzer, als sie von Wachholz und Horoszkiewicz für Hunde und Katzen in ihrer 2. Versuchsreihe beschrieben ist und lag oft erheblich unter der dort angegebenen unteren Grenze. Diese verschiedene Zeitdauer des Ertrinkungsvorgangs macht es meines Erachtens schon wahrscheinlich, dass dieser nicht in allen Fällen gleich verläuft. Strassmann bemerkt, dass von Hofmanns Versuche wohl an Hunden angestellt seien und dass von Brückner an Kaninchen abweichende Resultate gefunden seien. Er scheint also eine Verschiedenheit des Ertrinkungsvorgangs für möglich zu halten. Ebenso Lesser. Paltauf dagegen bemerkt, dass er es für ungerechtfertigt hält, wesentliche Differenzen des Lungenbefundes auf Verschiedenheiten im physiologischen Verhalten während des Ertrinkens

bei Hunden und Kaninchen zurückzuführen und solche anzunehmen. Trotzdem schreibt er aber an anderer Stelle: „Bei Katzen ist der Verlauf des Ertrinkens überhaupt ein langsamerer und kommen diese Tiere leichter als andere wieder zu sich“ und ferner „dass es nicht angeht, das Ergebnis solcher (Experimente) in jeglicher Beziehung auf den Menschen zu übertragen.“ H. Schmidt glaubt auf ein nahezu gleiches physiologisches Verhalten während des Ertrinkungsaktes (bei Mensch und Tier) schliessen zu dürfen, hält aber auch wieder die Uebertragung der Beobachtung vom Kaninchen auf den Menschen bezüglich der Zeitdauer des Ertrinkens für zweifelhaft. Es wird daher, solange die völlige Gleichheit des Ertrinkungsvorgangs bei den einzelnen Tierarten noch nicht sicher nachgewiesen ist, nicht ohne weiteres angängig sein, die Resultate von der einen Tierart auf die andere zu übertragen, wie das z. B. Margulies getan hat, indem er die Resorptionsverhältnisse, die er bei 2 Katzen und 2 Hunden fand, auf seine 4 Ertränkungsversuche mit Kaninchen übertrug.

Unsere Versuche ergeben nun, dass die Wachholzsche Ansicht im wesentlichen die richtige ist, dass nämlich der grösste Teil der gesamten aspirierten Wassermenge in dem Stadium der Dyspnoe in die Luftwege gelangt. Die Wachholzsche Ansicht muss aber, wenigstens nach den beschriebenen Kaninchenversuchen und für diese, dahin modifiziert werden, dass die während der terminalen Atmung eindringende Flüssigkeitsmenge in vielen Fällen beträchtlich ist und sogar die Menge der während der Dyspnoe eingedrungenen Flüssigkeit übersteigen kann.

Zusammenfassung.

1. Ertränkungsflüssigkeit gelangt beim Ertränken von Kaninchen während des dyspnoischen Stadiums immer in die Luftwege; ebenso während der terminalen Atembewegungen.
2. Die Ertränkungsflüssigkeit gelangt zum grössten Teil während des Stadiums der Dyspnoe in die Luftwege. Die während der terminalen Atmung eindringende Flüssigkeitsmenge ist aber in manchen Fällen beträchtlich und kann die während der Dyspnoe eingedrungene Flüssigkeit an Menge übertreffen.
3. Die Menge der aus den Lungen resorbierten Flüssigkeit muss hauptsächlich der während der Dyspnoe eingedrungenen zugerechnet werden. Diese Menge ist im Verhältnis zu der Menge der in den Lungen nachweisbaren Flüssigkeit beträchtlich.

4. Die Gesamtdauer des Ertrinkungsvorganges für Kaninchen ist durchschnittlich kürzer als sie von Wachholz durch Versuche an Hunden und Katzen festgestellt ist.
5. Der physio-pathologische Ertrinkungsmechanismus der Kaninchen ist in der Regel typisch für den Ertrinkungsverlauf.
6. Die terminalen Atembewegungen sind (nach den angeführten Kaninchenversuchen und nach den Versuchen von Wachholz an Katzen und Hunden) immer vorhanden, wenn auch an Zahl und Stärke verschieden. Durch ihre Zahl und Stärke wird aber ein nachweisbarer Einfluss auf die Menge der gesamten aspirierten Ertränkungsflüssigkeit nicht regelmässig ausgeübt.
7. Die Uebereinstimmung des Ertrinkungsvorgangs bei den verschiedenen Tierarten ist nicht erwiesen. Insbesondere scheinen Verschiedenheiten bezüglich des Vorhandenseins und der Dauer der präterminalen Atempause vorkommen zu können.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Ziemke, Direktor des Instituts für gerichtliche Medizin an der Universität Kiel, unter dessen persönlicher Leitung die beschriebenen Versuche unternommen wurden, für die Ueberlassung der Arbeit, die Leitung der Versuche und die freundliche Unterstützung bei Abfassung der Arbeit meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Literatur.

1) Bert, Leçons sur la physiologie comparée de la respiration. Paris 1870. — 2) Brouardel, La pendaison. Paris 1897. — 3) Brouardel et Vibert, Etude sur la submersion. Annal. d' hyg. publ. 1880. 23. — 4) Brouardel et Loye, Recherches expériment. sur la mort par la submersion brusque. 1889. — 5) E. Brückner, Ueber den Tod durch Ertrinken. Inaug.-Diss. Berlin 1895. — 6) Draper, Ueber den Ertrinkungstod. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. Ref. 1887. — 7) Falk, Ueber den Tod im Wasser. Virchows Archiv. 1869. 47. — 8) Fleiner, Ueber die Resorption korpuskulärer Elemente durch Lungen und Pleura. Virchows Archiv. 1888. 112. — 9) E. v. Hofmann (Kolisko), Lehrbuch der gerichtlichen Medizin. Berlin u. Wien 1903. — 10) Krause, Anatomie des Kaninchens. Leipzig 1884. — 11) Lacassagne, Précis de médecine légale. Paris 1906. — 12) Landois-Rosemann, Lehrbuch der Physiologie. Berlin u. Wien 1905. — 13) Lesser, Ueber die wichtigsten Sektionsbefunde bei dem Tod durch Ertrinken in dünnflüssigen Medien. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. 1884. 40. — 14) Derselbe, Atlas der gerichtlichen Medizin. Breslau 1890. — 15) E. Margulies, Die Caspersche Hyperaërie. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med.

1903. 26. — 16) Derselbe, Ein Beitrag zur Kenntnis des Ertrinkungstodes. Virchows Archiv. 1904. — 17) Derselbe, Zur Lehre vom Ertrinkungstode. Deutsches Archiv f. klin. Med. 86. — 18) Derselbe, Ertrinkungsgefahr und Rettungswesen an der See. Berl. klin. Wochenschr. 1905. — 19) Medizinalstatistische Nachrichten, Herausgegeben vom Kgl. Preuss. Statistischen Landesamt. Berlin 1911/12. — 20) Nothnagel, Zur Resorption des Blutes aus dem Bronchialbaum. Virchows Archiv. 1877. 71. — 21) A. Paltauf, Ueber den Tod durch Ertrinken. Wien 1888. — 22) Peiper, Ueber die Resorption durch die Lungen. Zeitschr. f. klin. Med. 1884. 8. — 23) H. Schmidt, Der Tod durch Ertrinken in gerichtlich-medizinischer Beziehung. Friedreichs Blätter f. gerichtl. Med. 1899. — 24) Seydel, Tod durch Aspirations-Erstickung in bewusstlosem Zustand. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. 1895. — 25) Strassmann, Lehrbuch der gerichtlichen Medizin. Stuttgart 1895. — 26) Wachholz und Horoszkiewicz, Experimentelle Studien zur Lehre vom Ertrinkungstode. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. 1904. 28. — 27) Wachholz, Experimentelle Beiträge zur Lehre vom Ertrinkungstod. Ebenda. 1906. 32. — 28) Derselbe, Die Diagnose des Ertrinkungstodes. Ebenda. 1907. 33. — 29) Wasbutzky, Ueber die Resorption durch die Lungen. Inaug.-Diss. Königsberg 1879. — 30) Ziemke, Der Tod durch Erstickung in Schmidtmanns Handbuch der gerichtl. Med. Berlin 1907.

Lebenslauf.

Ich, Otto Völpel, geboren am 29. März 1888 zu Breidenbach, ältester Sohn des Postverwalters Heinrich Völpel und dessen verstorbener Ehefrau Georgine, geb. Weimar, protestantischer Konfession, besuchte von Ostern 1898 bis Ostern 1907 das städtische Lessing-Gymnasium zu Frankfurt a. M. Darauf studierte ich 10 Semester Medizin an den Universitäten Marburg, München, Heidelberg, Berlin, Strassburg und Kiel. Die ärztliche Vorprüfung bestand ich in Heidelberg im Juli 1909, das ärztliche Staatsexamen in Kiel im Mai 1912, beide mit der Gesamtzensur „sehr gut“.